Der Einfluss geistiger Arbeit auf den Körper

unter besonderer Berücksichtigung der Ermüdungserscheinungen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde in der Medizin und Chirurgie,

welche mit Genehmigung

der hohen medizinischen Fakultät

in der Aula der

Kgl. vereinigten Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg

am 1. Juni 1911, nachmittags 4 Uhr

ACAD. LUGD BAT BIBL

öffentlich vortragen wird

Walther Bethge

approb. Arzt aus **Halle a. S.**

Halle a. S.
Heynemannsche Buchdruckerei (Gebr. Wolff)
1911.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Halle.

Referent: Prof. Dr. Anton.

Prof. C. Fränkel,
zeitiger Dekan.

Aus der Königl. Universitäts-, Psychiatrischen- und Nerven-Klinik zu Halle a. S. (Direktor Prof. Dr. G. Anton.)

Der Einfluß geistiger Arbeit auf den Körper

unter besonderer
Berücksichtigung der Ermüdungserscheinungen.

Von

W. Bethge, Halle a. S.

Die Frage nach dem Verhältnis von Körper und Geist ist schon vor langer Zeit und von den verschiedensten Philosophen und Psychologen in Angriff genommen. Wie wechselnd und mannigfaltig der Standpunkt und die Betrachtungsweise gewesen ist und auch späterhin sein wird, so sollen sich die folgenden Erörterungen nur mit einem bestimmten Gebiete dieses interessanten Kapitels beschäftigen, nämlich mit dem Einfluß der geistigen Arbeit auf die körperlichen Funktionen.

Doch zuvor möchte ich vorausschicken, daß ich auf die Untersuchungsmethoden nicht näher eingehen kann. Nur wenn es zum Verständnis der Resultate nötig sein sollte, werde ich sie natürlich angeben. Im übrigen muß ich mich darauf beschränken, die Ergebnisse der Untersuchungen, so wie sie mir vorliegen, nebeneinander zu stellen, zu vergleichen und daraus Schlüsse zu ziehen, ohne indessen ihre Genauigkeit und ihren Wert feststellen zu können. Denn dies kann man nur, wenn man selbst Versuche anstellt, was mir leider aus Mangel an Zeit unmöglich war.

Wir wissen, daß verschiedene geistige Zustände beim Menschen schon äußerlich sich deutlich markieren. Wir sprechen von einer Mimik des Denkens, wobei die Art des Gedankens sich im Gesichtsausdruck und in der Haltung des

Körpers in bestimmter Weise wiederspiegelt. Die Aufmerksamkeit ist mit einer Anspannung der Muskeln und straffen Körperhaltung verbunden. Der Wille gibt sich in der Schnelligkeit der Handlung kund. Die Gefühle drücken sich meistens noch am deutlichsten durch gewisse körperliche Zustände aus. Ich brauche nur an die wutschnaubenden Züge des Zornigen, den eingezogenen Kopf und den geduckten Körper des Furchtsamen, die glänzenden Augen und die expansive Ausgelassenheit des Fröhlichen, den hängenden Kopf und die herabgezogenen Mundwinkel des Traurigen zu erinnern. Zum großen Teil haben wir diese Erscheinungen nach Darwin[1]) auf zweckmäßige Handlungen der Tiere zurückzuführen, von denen wir sie als phyletisches Erbteil überkommen haben. Andererseits müssen wir sie als zweckdienliche Einrichtungen der Natur betrachten, wie wir dies im folgenden an der Änderung der Blutzirkulation, der Atmung usw. noch deutlicher sehen werden.

Daß geistige Anstrengung Veränderungen in dem Zirkulationsapparat des Blutes hervorruft, ist schon ziemlich lange bekannt. Thanhoffer[2]) hatte nachgewiesen, daß die Gehirntätigkeit Einfluß auf den Puls hat und daß dieser durch die Atmung wiederum modifiziert wird. Der italienische Gelehrte Mosso[3]) konnte diese Angaben präzisieren, da es ihm vergönnt war, die Änderungen im Gehirnvolumen und seinen Blutgefäßen direkt bei Personen mit Schädeldefekten zu beobachten und zu messen. Er zeigte, daß tiefe Inspiration eine Depression der Volumkurve des Pulses erzeugt, der eine starke Abnahme des Gehirnvolumens folgt. Nach einer forcierten Exspiration trat infolge der venösen Stauung eine Zunahme des Gehirnvolumens ein, und der Puls wies trikuspidale Form auf. Beim Sprechen nahm ebenfalls das Gehirnvolumen zu, die plethysmographische Kurve zeigte größere respiratorische Schwankungen und die Höhe der Pulsationen wurde geringer. Infolge einer angenehmen Erregung entstand ein reichlicherer Blutzufluß als bei der einfachen physischen Tätigkeit des Sprechens. Schließlich wies Mosso[4]) noch nach, daß die Änderungen des Blutkreislaufs im Gehirn einerseits, in den Händen und Füßen andererseits unabhängig voneinander sind. Während er selbst früher einen gewissen Antagonismus zwischen den Gefäßnerven

des Kopfes und des übrigen Körpers angenommen hatte, mußte er jetzt schließen, daß die Blutgefäße des Gehirns wie die der Extremitäten ihre eigenen Bewegungen haben, die nach irgendeinem anderen Gesetze geregelt werden.

In Deutschland suchte darauf Leumann[5]) durch einen Aufsatz „Die Seelentätigkeit in ihrem Verhältnis zum Blutumlauf und Atmung" zu eingehenderer Behandlung dieses Themas anzuregen. Er behauptete, daß der Mensch in Puls und Atem angeborene innere Zeitmesser besitze, deren Wirksamkeit sich durch die im Gehirn erfolgende Aufnahme, Wiedergabe und Erzeugung von Intervallen verraten müsse. Außerdem sei die Pulshöhe von maßgebendem Einfluß auf Rezeptivität und Produktivität: zu besonnenen Ergründungen und zum bloßen künstlerischen Empfinden sei ein weit niedrigerer Puls erforderlich als zur zusammenfassenden Darstellung und zur schöpferischen Gestaltung. Leider stehen diese Thesen ohne jede Versuche da und haben sich auch bisher noch nicht bestätigen lassen.

Weit intensiver wurde die Frage in Frankreich in Angriff genommen. Hier war es hauptsächlich Binet, der mit verschiedenen Mitarbeitern umfassende Untersuchungen über dieses Thema anstellte. Zunächst stellten Binet und Sollier[6]) fest, daß die Haltung des Kopfes einen gewissen Einfluß auf die Aufzeichnung der Kurve ausübt, wie auch schon Mosso[3]) gefunden hatte: wenn der Kopf nämlich etwas geneigt ist, so steigt die Pulsationslinie, die Amplituden der Pulse werden größer und die respiratorischen Oszillationen deutlicher. Wenn man den Kapillarpuls des Gehirns mit dem der Hand vergleicht, so findet man folgende Unterschiede. Der Einfluß der Inspiration markiert sich deutlicher im Gehirnpuls als in dem der Hand. Bei einer tiefen Inspiration findet im Gehirn eine kurze Depression mit kleinen Pulsationen statt, dann ein Schwanken mit sehr großen Pulsen und schließlich eine ziemlich lange Depression, während in der Hand sich das umgekehrte Bild zeigt. Auch die folgende Arbeit von Binet und Courtier[7]) sucht im wesentlichen den Einfluß der Atmung auf den Kapillarpuls klarzustellen. Hier wird auch der Erscheinung des Dikrotismus ein besonderes Augenmerk zugewandt. Unter dem Ein-

fluß der Atmung ändert sich die Form des Kapillarpulses insofern, als die dikrotische Welle bei der Exspiration deutlicher wird und sich dem Gipfel der Pulsation nähert, während sie bei der Inspiration niedersinkt. Geistige Arbeit, in einem Rechenexempel und dem begleitenden Gefühl bestehend, wirkt auf die arterielle und kapillare Blutzirkulation, auf die Atmung und das Herz ein. Die Wirkung ist nicht gleich tief auf die einzelnen Funktionen, bei einzelnen Personen zeigt die Atmung größere Veränderungen, bei anderen das Herz oder das Vasomotorensystem. Aber jede dieser Funktionen hat ihre eigene Art, sich zu ändern. In der Kapillarpulskurve finden wir eine Verringerung der Amplitude, die vielleicht durch eine Verengerung des Kapillarnetzes hervorgerufen wird, da der Druck in der zugehörigen Arterie steigt. Form und Volumen ändern sich gleichzeitig, am häufigsten tritt eine Verzögerung und Akzentuierung des Dikrotismus infolge der Blutdrucksteigerung ein. Das Sinken des Niveaus der Kurve rührt jedenfalls von einer Kontraktion der Arterie her. Der Radialpuls zeigt deutliche respiratorische Schwankungen und die Spannung in der Arterie wird stärker. Der Herzschlag wird gegen Ende der Aufgabe beschleunigt, und wahrscheinlich tritt dabei eine Herabsetzung der propulsiven Kraft ein. Die dritte Arbeit Binet und Courtiers[8]) studiert die Wirkung der geistigen Arbeit auf den Kapillarpuls. Verfasser unterscheiden hier drei verschiedene Arten von geistiger Anstrengung. Die erste bezeichnen sie als mäßige geistige Arbeit, sie besteht in einem viertelstündigen Lesen: danach zeigt sich nur eine mäßige Beschleunigung des Pulses, die bald wieder vorübergeht und bis unter die Norm sinken kann. 2. Kurze intensive Arbeit, in der Multiplikation von Zahlen bestehend, zeigt teils Erscheinungen der Erregung, teils die der Depression: bei ersterer tritt nach anfänglicher Erhebung der Kapillarpulskurve infolge Konzentration der Aufmerksamkeit eine reflektorische Gefäßverengerung, die mit einem Sinken der Kurve und Verkleinerung der Pulsationen verbunden ist, ein. Diese Schwankungen erscheinen mehrmals wieder. Der Herzschlag wird anfangs verlangsamt, das Herz in seiner propulsiven Kraft aber verstärkt; hieran reiht sich meist eine Beschleunigung. Der

Dikrotismus des Pulses sucht anfänglich zu verschwinden, er tritt aber 15 Sekunden nach Beginn der Arbeit wieder auf und bleibt lange bestehen. Die Ursache liegt wahrscheinlich in einem Nachlassen des vaskulären Tonus oder des Blutdruckes. Die Form der Depression ist weniger charakterisiert, sie besteht im wesentlichen in einer Verlangsamung des Herzschlages Gefäßerweiterung und Ansteigen der Kurve. 3. Mehrere Stunden dauernde geistige Arbeit führt zu einer Verlangsamung des Herzschlages und einer Verminderung der peripheren Blutzirkulation.

Die beiden folgenden Arbeiten Binet und Courtiers[9)10)] stehen nur in indirektem Zusammenhang mit dem Thema, sie geben uns aber einen interessanten Aufschluß über die Änderungen der Form des Kapillarpulses zu den verschiedenen Tageszeiten und infolge von Gemütsbewegungen und lassen uns ihre etwaige Deutung erkennen. Kurz nach den Mahlzeiten beobachteten die Verfasser nämlich eine Herzbeschleunigung, eine Vergrößerung der Amplitude und ein Absteigen der dikrotischen Welle nach der Basis der Pulskurve zu. Diese Erscheinungen gingen allmählich ins Gegenteil über. Dabei wiesen sie zugleich nach, daß die Form des Kapillarpulses von Herzschlag, Atmung und Temperatur unabhängig ist, und vielmehr durch das Gefühl des Wohlseins und der Kraft bestimmt wird, die ein mäßiges Mahl begleiten. Ähnliche Veränderungen konnten sie nämlich bei einem einzelnen Individuum beobachten: bei Überraschung, plötzlichem Reiz, willkürlicher Freude trat Akzentuierung des Pulsdikrotismus auf, während er bei Traurigkeit, intensiver geistiger Anstrengung und Muskelermüdung das Bestreben, zu verschwinden, zeigte. Die Verfasser schließen daraus, daß sich die Form des Kapillarpulses mit der Qualität der Gefühle ändert, was einst eine Klassifikation der Gefühle nach ihrer physiologischen Wirkung auf den Kapillarpuls erlauben dürfte.

Endlich hätten wir noch die Änderungen des Blutdrucks unter dem Einfluß geistiger Arbeit zu betrachten. Die Versuche hierüber sind bisher gering, da er sich schwer unter dem schnellen Wechsel geistiger Vorgänge messen läßt. Doch Binet und Vaschide[11)] haben auch seine Veränderungen

unter geeigneter Anwendung des Sphygmomanometers von Mosso mit graduell ansteigendem Druck zu messen gesucht. Sie sind dabei offenbar zu ganz guten Resultaten gelangt. Der Blutdruck beginnt bei ungefähr 20 mm Quecksilbergegendruck auf der Kurve durch flache Erhebungen sich zu zeigen, die allmählich an Größe zunehmen und bei ca. 80 mm ihr Optimum erreichen, um bei ca. 120 mm wieder zu verschwinden, weil hier die Quecksilbersäule das Übergewicht über den Blutdruck erhält. Bei geistiger Anstrengung kann aber der Blutdruck bis über 140 mm Quecksilber steigen, so daß ein Unterschied von ca. 20 mm zwischen Ruhe und geistiger Tätigkeit im Blutdruck besteht. Erhöhung des Blutdruckes und Beschleunigung des Herzschlages gehen meist nebeneinander her. Während die Form des Kapillarpulses die Qualität wiederzugeben scheint, scheint die Höhe des Blutdruckes mehr die Quantität der psychologischen Erscheinungen auszudrücken, da stark ermüdende oder aufregende Reize ihn nur um 10 bis 15 mm, intensive geistige Arbeit um 20, lebhafte Unterhaltung um 25 und heftige Erregung um 30 mm Hg erhöhen.

Fassen wir die Resultate der Arbeiten Binets und seiner Mitarbeiter kurz zusammen, so können wir sagen: 1. Jede geistige Arbeit ist mit einer Beschleunigung des Herzschlages verbunden, die allerdings nicht so deutlich hervortritt wie bei der körperlichen Anstrengung. Der Beschleunigung kann eine kurz dauernde Verlangsamung der Pulsschläge vorausgehen. Diese tritt auch jedesmal bei längerer Arbeit infolge von Ermüdung ein. 2. Bei Beginn einer geistigen Tätigkeit beobachten wir ein Sinken der Kapillarpulskurve, die gleichzeitig ein Kleinerwerden der Pulsationen zeigt. Beides rührt jedenfalls von einer Verengerung des Kapillarnetzes her. 3. Diese ruft wahrscheinlich auch den gesteigerten Blutdruck hervor. Die Bedeutung dieser Erscheinungen läßt sich bis jetzt noch nicht genau angeben, sondern nur vermuten; sie dienen wohl hauptsächlich dazu, das Gehirn während seiner Tätigkeit reichlicher mit Blut zu versorgen.

Wenden wir uns nun den Untersuchungen des schwedischen Forschers Lehmann[12]) zu, so zeigen diese eine recht

eingehende Detaillierung der Bewußtseinszustände in ihren körperlichen Äußerungen. Ich glaube nicht, daß man selbst bei noch so sorgfältiger Versuchsanordnung heutzutage schon imstande ist, aus den Änderungen der plethysmographischen Kurve psychische Vorgänge abzulesen. Da sich seine Untersuchungen hauptsächlich auf die Gefühle erstrecken, so will ich nur einige für uns wichtige Tatsachen erwähnen. Was wir schon bei Binet gefunden haben, so wird auch von ihm besonders hervorgehoben, daß das jähe Sinken der Volumkurve des Armes durch Gedanken, durch psychische Tätigkeit ohne hervortretende Gefühlsbetonung verursacht wird. Er hat ferner gezeigt, daß der Körper sich während des Wachseins in einem beständigen Spannungszustand befindet, der nur vorübergehend durch absolute Ruhe abgelöst werden kann. Die Aufmerksamkeit hat zwei verschiedene Ausdrucksformen, je nachdem sie willkürlich, z. B. beim Denken, oder unwillkürlich durch einen äußeren plötzlichen Reiz hervorgerufen wird: das Volumen zeigt eine geringe Neigung zum Steigen, darauf folgen vier bis acht langsame Pulse, während welcher das Volumen sinkt, um schließlich wieder zu steigen und zur Norm zurückzukehren. Der Unterschied zwischen beiden Formen zeigt sich nur darin, daß der Puls bei willkürlicher Aufmerksamkeit im allgemeinen verkürzt ist, während die unwillkürliche durch eine Pulsverlängerung charakterisiert wird. Je mehr ein psychischer Zustand die Aufmerksamkeit zu fesseln und im Bewußtsein sich Geltung zu verschaffen vermag, um so deutlicher treten auch seine körperlichen Äußerungen hervor. Überhaupt muß ein Reiz erst bis zum Bewußtsein durchdringen, ehe er organische Reaktionen auslösen kann; denn in der Stickstoffoxydul-Narkose z. B. treten diese nicht ein. Im allgemeinen ist das Gefühl der Unlust mit Volumensenkung, Pulsverkürzung und Gefäßverengerung verbunden, während Lust sich durch Volumensteigerung, Pulsverlängerung und Gefäßerweiterung kundgibt.

Die bisherigen Untersuchungen haben meistens am Arm und seinen Gefäßen stattgefunden. Bonser[13]) und Gley[14]) haben gleichzeitig die Pulsveränderungen an den Karotiden mit beobachtet: an der Peripherie finden sie im wesentlichen

dieselben Erscheinungen wie Binet: Verminderung der Puls amplitude, Erhöhung des Blutdruckes und Beschleunigung des Herzschlages. Gley konnte nun außerdem am Karotidenpuls eine Zunahme der Amplitude und ein deutliches Hervortreten des Dikrotismus nachweisen, während Bonser daselbst eine Verminderung der dikrotischen Welle unter dem Einfluß geistiger Arbeit sah. Wir können auf diesen Unterschied wenig Wert legen, da er ja nach Binet nicht für die geistige Tätigkeit, sondern nur für die Qualität des begleitenden Gefühls charakteristisch ist. Da der Radialpuls die umgekehrten Erscheinungen zeigte, so scheint doch ein gewisser Antagonismus zwischen der Zirkulation des Blutes im Gehirn bei geistiger Tätigkeit und der des übrigen Körpers zu bestehen, nur daß er nicht passiver, sondern aktiver Natur ist.

Endlich haben wir noch eine Arbeit von Martius[15]) zu erwähnen, der die Untersuchungsergebnisse Lehmanns als nicht ganz einwandfrei hinstellt. Die Niveauschwankungen der Pulskurve ließen sich ebensogut unter der Annahme mitwirkender Bewegungsvorgänge erklären, indem Freude unbewußt durch kleine unwillkürliche Muskelzuckungen ein Ausdehnen oder Vorwärtsbewegen der Hand und damit Volum steigerung herbeiführe, während das Zurückziehen der Hand beim Gefühl der Unlust eine Volumsenkung veranlasse. Ich möchte aber darauf hinweisen, daß auch bei geistiger Arbeit ohne Gefühlsbetonung ein Sinken der Volumkurve eintritt, so daß dieses nicht auf Versuchsfehler zurückgeführt werden kann. Dagegen konnte auch Martius das Eintreten der Pulsverkürzung bei willkürlicher Aufmerksamkeit bestätigen, im Gegensatz zu Meumann und Zoneff[16]) und M. Kelchner[17]), die dabei eine Pulsverlängerung sahen.

Die bisherigen Untersucher hatten, wenn sie auch z. T. übereinstimmende Tatsachen feststellten, doch noch zu sehr mit der Methodik und der Deutung der einzelnen Kurven zu kämpfen, als daß sie sich mit der Begründung ihrer Ergebnisse und der Zusammenfassung unter einen einheitlichen Gesichtspunkt beschäftigen konnten. Erst neuere Forschungen haben hier einen Zusammenhang zwischen den einzelnen Tatsachen entdecken können. Zunächst befaßte sich allerdings Berger[18])

noch eingehend mit der Frage nach der Blutzirkulation in der Schädelhöhle: die Aufzeichnung der plethysmographischen Kurve des Gehirns allein genügt nicht, um darüber eindeutigen Aufschluß zu geben, da eine Zunahme sowohl durch stärkeren arteriellen Zufluß als durch eine venöse Stauung bedingt sein kann. Zweckmäßig ist es daher, gleichzeitig eine Bestimmung des Blutdruckes oder der Stromgeschwindigkeit des Blutes in den Gehirngefäßen vorzunehmen, was aber nur bei Tieren möglich ist. Bei Menschen muß man sich mit einer gleichzeitigen Registrierung einer Volumkurve peripherer Organe begnügen und zieht dann bei Beurteilung der Volumänderung des Gehirns diese Kurven in Betracht. An der Volumkurve des Gehirns unterscheidet man die pulsatorischen, die respiratorischen und die vasomotorischen Bewegungen. Für alle diese konnte Berger[19]) durch zahlreiche Versuche an einer dazu geeigneten Person charakteristische Veränderungen infolge geistiger Tätigkeit und psychischer Reize beobachten, die im wesentlichen mit den bisherigen Befunden sich decken. Im speziellen konnte er nachweisen, daß die sogen. Hering-Traubeschen Wellen offenbar mit der Aufmerksamkeitsschwankung im Zusammenhang stehen. Daß die Deutung seiner plethysmographischen Gehirnkurven eine richtige war, konnte Berger[19]) durch spätere Untersuchungen auch an anderen Personen bestätigen, bei denen er die bereits von Lehmann[12]) angewandte Methode der Berechnung der Pulsverspätung berücksichtigte. Die Pulswelle pflanzt sich mit einer bestimmbaren Geschwindigkeit im Gefäßsystem fort. Mit Hilfe der sphygmographischen und plethysmographischen Kurve kann man leicht eine Pulsverspätung in den peripher gelegenen Abschnitten gegenüber den zentralen feststellen. Eine Änderung der Pulsverspätung kann bedingt sein einmal durch eine Änderung des allgemeinen Blutdruckes, und zwar so, daß bei steigendem Blutdruck die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Blutes größer, die Pulsverspätung geringer wird. Andererseits ist die Pulsverspätung abhängig von dem Gefäßtonus, indem mit Zunahme der Spannung der Gefäßwand eine Zunahme der Fortpflanzungsgeschwindigkeit stattfindet. Beide Möglichkeiten lassen sich durch gleichzeitige Feststellung des Blut-

druckes oder der Pulsverspätung in anderen Gefäßgebieten entscheiden. Wird eine gleiche Änderung der Pulsverspätung, z. B. in den Gehirn- und Armgefäßen beobachtet, so muß man eine gemeinsame Ursache dafür, d. h. eine allgemeine Blutdruckänderung annehmen. Nimmt aber z. B. bei geistiger Arbeit die Pulsverspätung an den Gehirngefäßen zu, während sie an den Armgefäßen gleichbleibt oder geringer wird, so weist dies auf eine lokale Gefäßänderung, und zwar auf eine Erweiterung der Hirngefäße hin, wie dies auch aus dem Steigen der plethysmographischen Gehirnkurve und der Zunahme der Pulsationshöhe an den Pialgefäßen hervorgeht. Auf diese Weise kann man häufig noch feine Unterschiede in der Änderung einzelner Gefäßgebiete wahrnehmen, die einem durch die bloße Betrachtung der Kurven vielleicht entgehen würden

Es fragt sich nun, wodurch diese Blutverschiebung zustande kommt; denn daß tatsächlich eine solche vorhanden sein muß, geht schon aus der Betrachtung zweier plethysmographischer Kurven, z. B. der des Arms und der des Gehirns hervor. Bei geistiger Arbeit sinkt nämlich das Volumen des Arms, während das Gehirn an Volumen zunimmt. Diese plötzliche Änderung kann nur durch eine veränderte Blutfülle der Organe verursacht sein, wie man dies an dem Weiterwerden der Pialgefäße direkt sehen kann. Auch hatte Mosso schon mit seiner Menschenwage festgestellt, daß bei geistiger Tätigkeit die Seite, auf der der Kopf lag, an Gewicht zunahm, und er führte dies auf einen vermehrten Blutzufluß zum Gehirn zurück. Weber[20]) zeigte nun aber, daß nicht allein das Gehirn, sondern auch die Bauchorgane mit Blut überfüllt werden, während das Blut aus den peripheren Organen entfernt wird. Ein Gummisack von 8 cm Durchmesser und 15 cm Länge wurde in das Rektum eingeführt und mit wenig Luft aufgeblasen. Wird dieser „innere Plethysmograph“ mit einem Schreibhebel in Verbindung gebracht, so erhält man auf der Kymographiontrommel eine Kurve von dem wechselnden Druck in der Bauchhöhle, wie er namentlich durch die Atembewegungen hervorgerufen wird. Aber auch reflektorische Einflüsse auf den Sphinkter ani, die Blase und die Darmperistaltik werden sich auf dieser Kurve geltend machen. Durch vor-

übergehende Lähmung des Darms lassen sich wohl einige dieser Bewegungen ausschalten, doch ganz eindeutig werden die Resultate auch so nicht, und so muß man ihnen gegenüber noch etwas Reserve bewahren. Durch gleichzeitige Aufnahme einer pneumographischen Kurve des Bauches glaubte aber Weber unter Vergleichen beider Kurven einen Schluß ziehen zu dürfen auf die wechselnde Blutfülle der Bauchorgane. Er hat nun festgestellt, wie schon oben erwähnt, daß mit Abnahme der Blutmenge in den peripheren Organen meist eine Zunahme der Blutmenge in den inneren Organen verbunden ist. Und zwar führt er diese Blutverschiebung auf eine aktive Erweiterung der Gefäße im Splanchnikusgebiet zurück, während eine gleichzeitige aktive Verengerung der peripheren Gefäße noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen ist.

Wie bereits früher hervorgehoben ist, so konnte man nie ein vollkommen gleich entgegengesetztes Verhalten der Gehirn- und peripheren Gefäße beobachten, und so sah sich schon Mosso[4]) gezwungen, für jedes der beiden Gefäßgebiete ein gesondertes Vasomotorenzentrum anzunehmen. Jetzt ist es Weber[20]) durch Tierversuche gelungen, mit Sicherheit ein eigenes Zentrum für die Gehirngefäße nachzuweisen, das zentralwärts von dem Vasomotorenzentrum in der Medulla oblongata gelegen ist. Die Lage dieses Reflexzentrums, das auch die gleichzeitige Gefäßinnervation der beiden Gehirnhemisphären vermittelt, ist bis jetzt noch nicht bekannt, doch vermutet v. Monacow dafür das zentrale Höhlengrau und den Thalamus opticus. Auf diese Weise wird die Selbständigkeit der Reaktion der Gehirngefäße auf psychische Reize durchaus verständlich; wir haben uns jetzt nur noch nach der Zweckmäßigkeit dieser Blutverschiebung zu fragen.

Bisher glaubte man, daß das Gehirn mit der reichlicheren Blutdurchströmung bei geistiger Tätigkeit unter günstigere Arbeitsbedingungen gestellt werde, wie dies z. B. beim Muskel der Fall ist. Doch hat sich herausgestellt, daß bei bestimmten psychischen Zuständen die Blutverteilung eine verschiedene ist. Bei lebhaften Bewegungsvorstellungen findet sich eine Zunahme der Blutmenge im Gehirn und in den äußeren Körper-

teilen, während bei geistiger Tätigkeit das Gehirn und die Bauchorgane die größere Blutfülle aufweisen. Lustgefühl ist mit einer reichlicheren Blutversorgung der gesamten Körperoberfläche, der Extremitäten und des Gehirns verbunden, während die Bauchorgane weniger mit Blut gefüllt sind. Gerade das Gegenteil tritt beim Unlustgefühl ein. Nun hat Verworn, wie wir später noch sehen werden, nachgewiesen, daß durch vermehrte Sauerstoffaufnahme, wie sie bei Erweiterung der Hirngefäße stattfindet, die Reizbarkeit der Biogenmoleküle gesteigert wird, indem die Zersetzungsmöglichkeit eine größere ist. Umgekehrt tritt bei Kontraktion der Gefäße eine geringere Sauerstoffzufuhr ein, wodurch das Biogenmolekül vor weiterem Zerfall geschützt wird. Findet diese Kontraktion in den Hautgefäßen statt, so wird eine gewisse Anästhesie oder wenigstens Reizmilderung herbeigeführt. Dieser Zustand ist für die geistige Tätigkeit insofern sehr günstig, als eine Herabsetzung der Empfänglichkeit für äußere Sinnesreize die Konzentration der Aufmerksamkeit sehr erleichtert; andererseits ermöglicht die größere Reizbarkeit der Gehirnzellen ein schnelleres Arbeiten. Ja es ist sogar behauptet worden, daß die Verengerung der äußeren Gefäße des Körpers der Intensität der Hirntätigkeit nahezu entspricht [vergl. H. Frankfurter und A. Hirschfeldt[21])]. Wir haben aber gesehen, daß sehr bald eine Kontraktion der Gehirngefäße infolge längerer geistiger Arbeit und schließlich eine vollständige Umkehr der obigen Gesetze für die Blutverschiebung eintritt. Aber auch dies ist gerade eine zweckmäßige Einrichtung, indem im Zustande der Ermüdung (ähnlich auch bei Hysterie, Neurasthenie und anderen pathologischen Zuständen) weniger Sauerstoff der Nervensubstanz zugeführt und damit das Biogenmolekül vor weiterer Zersetzung bewahrt wird. Man stellt sich diese Umkehr der Vasomotoreninnervation nach körperlicher oder geistiger Ermüdung so vor, daß infolge der stundenlang gesteigerten Aufmerksamkeit das Zentrum, das die Impulse für die äußeren Gefäße in konstriktorischem Sinne weiterleitet, mehr oder weniger in Tätigkeit gehalten, und damit seine Aufnahmefähigkeit für Impulse derselben Art herabgesetzt wird, so daß das dilatatorisch wirkende Zentrum das Übergewicht erhält.

Die weitere Beobachtung dieser Vorgänge wird uns schließlich immer mehr Einblick gewähren in das so komplizierte Reaktionsvermögen der Gefäße und des Herzens.

Neben der konstanten Beschleunigung der Herzpulsation usw. infolge psychischer Tätigkeit findet sich regelmäßig eine Beschleunigung der Atmung. Binet und Courtier[7]) konnten feststellen, daß die Anzahl der Atemzüge in der Minute um ein Drittel der normalen Zahl zunimmt, also bis auf 20 und mehr steigen kann. Dabei ändert sich die Ausdehnung des Brustkorbes: sie wird geringer und damit die Atmung oberflächlicher. Indessen scheint diese Atmung durch eine stärkere Zwerchfelltätigkeit eine gewisse Kompensation zu erfahren, worauf besonders Mosso[4]) hingewiesen hat. Diese Beobachtung konnten Zoneff und Meumann[16]) als richtig nachweisen, und sie zeigten zugleich, daß sinnliche Aufmerksamkeit von einer stärkeren Hemmung der Atmung begleitet ist als willkürliche. Im Gegensatz hierzu steht die beschleunigte Atmung bei Gemütsbewegung, bei der die einzelnen Atemzüge durch ausgiebige Bewegung des Brustkorbes tiefer werden. — Trotz der Oberflächlichkeit findet sich eine große Regelmäßigkeit in den Atemzügen, die erst im Zustand der Ermüdung unregelmäßig, d. h. abwechselnd langsamer und schneller werden, um schließlich in dauernde Verlangsamung überzugehen. Hier scheint sich nach Obigi[22]) die Atmung auch wieder zu vertiefen. Schließlich beobachtet man in der Form der Atmung noch eine Veränderung, indem nämlich die Atempause unter dem Einfluß geistiger Arbeit fortfällt. Der Übergang von der Ruhe zur Arbeit vollzieht sich in ungefähr fünf Atemzügen. Inwiefern wiederum die Atmung psychische Zustände beeinflußt, darauf hatte schon Landmann[23]) hingewiesen. Er machte z. B. die Beobachtung, daß die Schmerzen bei Neuralgien auf der Akme tiefster Inspiration nachließen. Und wer kennt nicht die seelische Erleichterung, die ein tiefer Seufzer bei verhaltenem Schmerz oder Kummer bereitet? Landmann erklärt diese Wirkung durch „Veränderungen, welche von der Lunge durch den höchsten Grad des passiven Druckes an der Ausdehnung des Herzens und der großen Gehirnblutgefäße hervorgebracht werden und sekundär mit der

Verminderung des Blutzuflusses zu den Gehirnzentren eine Schwankung in der Empfindung bedingen."

Die Beziehungen der geistigen Tätigkeit zum Stoffwechsel sind sehr schwierig festzustellen. Lavoisier und Seguin[24]) nehmen an, daß jeder geistigen Tätigkeit dieselben stofflichen Veränderungen zugrunde liegen wie der körperlichen, also Oxydationsprozesse wären: derselbe chemische Prozeß, der unter Umständen Wärme hervorbringe, liefere in dem tätigen Gehirn geistige Arbeit. Wenn wirklich Oxydationsvorgänge stattfinden, dann müßte sich eine Temperaturerhöhung im Gehirn viel leichter nachweisen lassen, als es wirklich der Fall ist. Zwar tritt, ähnlich wie bei der Muskeltätigkeit, vermehrter Zufluß des Blutes, Beschleunigung des Herzschlages und der Atmung bei der Tätigkeit des Gehirns ein, aber die Stoffwechseländerungen wie dort, nämlich erhöhter Sauerstoffverbrauch und gesteigerte Kohlensäureausscheidung, lassen sich nie so deutlich, wenn überhaupt erkennen. Allerdings fand Hammond[24]), daß geistige Tätigkeit die Harnmenge, die Menge des ausgeschiedenen Harnstoffs, des Kochsalzes, der Phosphor- und Schwefelsäure vermehre und daß Tee und Kaffee, indem sie das Nervensystem aufregten, zu gleicher Zeit die Stoffwechselmetamorphose der Gewebe beträchtlich verzögere und die Ausscheidungen verringere. In neuerer Zeit hat man darauf hingewiesen, daß verschiedene Geisteskrankheiten mit Stoffwechselanomalien verbunden sind. So beobachtete man namentlich bei der Epilepsie Vermehrung der Harnsäure-, Phosphorsäure- und Ammoniakausscheidung. Auch Mainzer[25]) fand die Stickstoffausscheidung unter dem Einfluß geistiger Arbeit vermehrt, während die Phosphorsäureausscheidung verringert wurde. Wir dürfen aber annehmen, daß alles dies nicht bedingt ist durch eine Stoffwechseländerung im Gehirn selbst, sondern die Tätigkeit des Gehirns sich mittelbar auf den Stoffwechsel geltend macht. Selbst Voit, dessen Stoffwechselversuche berühmt geworden sind, konnte eine Vermehrung der Ausscheidung von Stoffwechselprodukten bei geistiger Tätigkeit nicht finden. Indessen scheint ein bestimmtes Quantum von Sauerstoff zur Unterhaltung geistiger Tätigkeit und des Bewußtseins überhaupt nötig zu sein; denn

wie leicht schwindet das Bewußtsein unter Sauerstoffmangel. Auch bei Seetieren hat Baglioni[26]) die Beobachtung gemacht, daß das Zentralnervensystem ein spezifisch größeres Sauerstoffbedürfnis hat als die übrigen Körpergewebe und Organe. Dementsprechend sind bei allen diesen Tieren Mechanismen vorhanden, welche das Zentralnervensystem immer reichlich mit Sauerstoff versorgen. Fast überall fand er eine dem Blutfarbstoff ähnliche Substanz, die den „Sauerstoffüberträger" bildet. Wir können vielleicht den Kopfschmerz und die andauernde Mattigkeit, die wir als konstante Symptome der Chlorose finden, auf diesen durch mangelnden Blutfarbstoff bedingten Sauerstoffmangel des Körpers zurückführen. Immerhin ist noch nicht bewiesen, daß Gehirntätigkeit eine größere Sauerstoffzufuhr erfordere als in der Ruhe; das Nachlassen seiner Funktionen kann viel mehr durch Kohlensäureanhäufung als durch Mangel an Sauerstoff bedingt sein. Auch aus dem Atemtypus, der zwar eine Beschleunigung, aber geringere Tiefe aufweist, läßt sich nicht auf einen Mehrbedarf an Sauerstoff bei geistiger Tätigkeit schließen. Speck[24]) kommt daher zu dem Endresultat, daß die geistige Tätigkeit direkt auf den allgemeinen Stoffwechsel keinen Einfluß ausübt. Die molekularen Vorgänge im Gehirn sind entweder gar keine Oxydationsprozesse oder so gering, daß sie unseren Untersuchungsmethoden nicht zugänglich sind. Wie gering der Stoffwechsel im Gehirn nur sein kann, zeigt sich ferner auch darin, daß bei der Inanition ein Schwund und sehr starker Zerfall der übrigen Körperorgane sehr bald eintritt, während Gehirn und Herz fast unversehrt bleiben.

Die Frage der Wärmeentwicklung im Gehirn haben wir vorhin schon kurz gestreift; hier möchte ich nur noch auf einige Tatsachen eingehen, die Mosso[3]) festgestellt hat. Die Temperatur des Gehirns ist meist etwas höher als die der Aorta. Unter dem Einfluß der Asphyxie oder elektrischer Ströme findet eine autonome lokale Temperaturerhöhung im Gehirn statt. Erklärung findet diese Erscheinung durch die Annahme, daß im Gehirn ein Vorrat von chemischer Energie vorhanden ist, der mehr oder weniger rasch zur Entwicklung von Wärme verbraucht wird. Dieser Verbrauch erfolgt aber

nicht immer im Verhältnis zur psychischen oder motorischen Funktion des Gehirns. Wir müssen deshalb zwei Prozesse unterscheiden, einen nutritiven oder trophischen und einen funktionellen. Auch zu dem trophischen Vorgang steht die Wärmebildung nicht immer in einem bestimmten Verhältnis, sondern die wärmeerzeugenden Substanzen werden ohne Nutzen für psychische Vorgänge des Gehirns verbraucht, wenn dessen Lebensverrichtungen in irgendeiner Weise gestört werden. „Diese organischen Konflagrationen bilden den thermischen Ausdruck der metabolischen Erscheinungen, welche in den Organen unabhängig von ihren spezifischen Funktionen erfolgen und für den Muskel bereits von Ungelino Mosso nachgewiesen waren. Die thermischen Erscheinungen manifestieren sich im Gehirn mit viel größerer Intensität als in anderen Organen und erfolgen leichter, wenn die Reizbarkeit des Gehirns erhöht ist." Die Temperaturerhöhung steht auch nicht im Zusammenhang mit dem vermehrten Blutzufluß bei geistiger Tätigkeit. Während des Schlafes erfolgt zwar eine Abnahme der Temperatur im Gehirn und Rektum, unbewußte Prozesse, namentlich äußere Reize, lassen aber sehr deutliche, plötzliche Temperatursteigerungen erkennen, die auf organische Konflagrationen zurückzuführen sind. Die Wiederkehr des Bewußtseins ist nicht von Wärmeentwicklung begleitet, und bei voller Tätigkeit des Gehirns finden nur minimale Temperaturschwankungen statt. Pidaucet[27]) versuchte mit dem Arsonvalschen Windkalorimeter etwaige Wärmebildung im Kopfe zu messen. Aber auch er konnte keine Temperatursteigerung bei geistiger Tätigkeit unter Ausschluß der Fehlerquellen finden.

Neuere Untersuchungen über die Temperatur des Gehirns stammen von Berger[28]), der sehr genau beobachtete und jede Fehlerquelle nach Möglichkeit auszuschalten suchte. Seine Experimente erstrecken sich auf acht Beobachtungen am Schimpansen und sieben an Menschen. Die Reaktionen der Gehirntemperatur auf psychische Reize erfolgen beim Tiere schneller und intensiver als bei den menschlichen Versuchspersonen, sind aber sonst mit den an Menschen gefundenen Resultaten sehr gut in Einklang zu bringen. Bei kurzer psychischer In-

anspruchnahme wird zwar die Gehirntemperatur wenigstens bei der zunächst angewandten Messungsmethode mit Quecksilberthermometern kaum in nachweisbarer Weise beeinflußt, doch macht sich bei längerer geistiger Arbeit eine Temperaturerhöhung von durchschnittlich 0,01 bis 0,02° C in der Minute geltend. Berger stellt nun hierüber sehr schöne energetische Betrachtungen an, zu deren Ausführung natürlich einige Hypothesen herangezogen werden mußten. Interessant sind vielleicht einige Zahlen, die er herausrechnet und die uns die Kleinheit der bei der geistigen Arbeit geleisteten mechanischen Umsetzung illustrieren. So repräsentieren die Rindenvorgänge bei einer achtstündigen intellektuellen Arbeit mit einmaliger Unterbrechung einen Energieumsatz von 3997 mkg. Die Herzarbeit in acht Stunden erfordert 8000 mkg. Ein kräftiger Arbeiter leistet in acht Arbeitsstunden 201 600 mkg.

Die letzten Untersuchungen lassen uns nach den Vorgängen in den Nervenzellen selbst fragen; zum größten Teil sind wir hier auf Hypothesen angewiesen, die aber durch Beobachtung bekannter Vorgänge in ihnen ähnlichen Zellen sehr an Wahrscheinlichkeit und Tatsächlichkeit gewinnen. Eine Tatsache steht wohl fest, daß die Ganglienzellen im Gehirn durch funktionelle Inanspruchnahme eine Differenzierung ihrer Struktur und einen feineren Ausbau ihrer Dendriten erhalten. Man hat dies an jungen Kaninchen beobachten können, bei denen man gleich nach der Geburt die Augen verband, so daß sie nichts sehen konnten. Der Unterschied in Form und Gestalt der Ganglienzellen im Sehzentrum zu den Zellen, die man aus dem Sehzentrum von Hunden desselben Wurfs erhalten hatte, welche man in normalem Zustande gelassen hatte, war schon nach wenigen Tagen in obenbezeichnetem Sinne sehr deutlich. Während sich also hier die Fähigkeit, zu sehen, erst einige Tage bis zu einer Woche mit der vollständigen Entwicklung der Ganglienzelle ausbildet, so ist das eben aus dem Ei gekrochene Hühnchen dagegen sofort imstande, ein vor ihm liegendes Korn zu erblicken und aufzupicken. Beim Menschen dauert dieser Prozeß des Blickenlernens noch viel länger als beim Hund. Preyer[29]) hat nachgewiesen, daß das Kind erst im dritten Monat nach der Geburt einen Gegenstand

mit den Augen fixieren kann, während es natürlich schon vorher auf Lichtunterschiede reagiert. Erst sehr viel später wird es in den Stand gesetzt, die Entfernung gesehener Gegenstände richtig abzuschätzen, was ihm meist erst durch die Ausbildung anderer Sinnesfähigkeiten gelingt. Wir müssen auch hier annehmen, daß dem allmählichen Lernen eine Differenzierung der entsprechenden Ganglienzellen entspricht. Das Kind scheint in dieser Beziehung im Nachteil zum Tier zu sein; aber während dem Tiere eine weitere Ausbildung seiner Sinnesorgane offenbar durch die schnelle Nutzbarmachung seiner ganzen potentiellen Fähigkeiten genommen wird, wird dem Menschen die Möglichkeit geboten, seine verborgenen Anlagen durch allmähliche Übung und Veränderungen der Bedingungen in unendlicher Verschiedenheit zu entfalten und auszugestalten.

Das Gedächtnis besteht nach Verworn[30]) in nichts anderem als in einer solchen Aktivitätshypertrophie der Ganglienzelle, die auf einen Reiz hin einen kräftigen Impuls erfährt, der sich dann in solcher Stärke durch das Nervensystem fortpflanzt. Jeder Reiz bringt in der Ganglienzelle eine dissimilatorische Erregung hervor, d. h. er stört das Stoffwechselgleichgewicht, das in der Ruhe herrscht und in Assimilation und Dissimilation von Stoffen besteht. Nur die dissimilatorische Erregung wird durch den Nerven fortgepflanzt, keine Lähmung, Hemmung oder Ermüdung. Ist der Reiz vorüber, so stellt sich sofort wieder Stoffwechselgleichgewicht her. Wie wir bereits gesehen haben, ist das Lebensgetriebe der Ganglienzelle mit einer geradezu sklavischen Abhängigkeit vom Sauerstoff verbunden. Spritzt man Fröschen ein sauerstofffreies Serum in ihre Gefäße, so tritt Arbeitslähmung ein. Diese kann zweierlei Ursachen haben: entweder können sich eine Anzahl von Zersetzungsstoffen angesammelt haben, die eine Lähmung der Zellfunktionen herbeiführen; man spricht dann von Ermüdung; oder aber der Sauerstoffvorrat der Ganglienzelle ist soweit herabgesetzt, daß eine Arbeitsfähigkeit nicht mehr möglich ist: dies der Zustand der Erschöpfung.

Die Hemmungsvorgänge beruhen nach Verworn[30]) auf der Entwicklung eines relativen Refraktärzustandes der Gan-

glienzelle durch Interferenz von Reizwirkungen. Die Ganglienzelle ist nicht dauernd erregbar, nur ungefähr 18 Willensimpulse können aus ihr während einer Sekunde hervorgehen. Das Stadium der Unerregbarkeit heißt Refraktärstadium. Es werden nun z. B. zu einer Gruppe von Ganglienzellen, in der durch einen Reiz eine dissimilatorische Erregung unterhalten wird, von einer anderen Gruppe von Ganglienzellen, die mit ihr in leitender Verbindung steht, Reizimpulse entsandt, welche in den betroffenen Ganglienzellen so interferieren, daß die durch den anfänglichen Reiz unterhaltene Erregung einer Lähmung weicht.

Die Hemmungserscheinungen können aber auch noch anders gedeutet werden. So hat Cyon[31]) in seinem „Ohrlabyrinth" sehr interessante Angaben darüber gemacht. Nach ihm ist das Ohrlabyrinth nicht nur das Sinnesorgan für die Richtungs- und Zeitempfindungen, sondern der Bogengangapparat ist auch der Regulator für die Intensität und Dauer von Innervationen. Durch fortwährende Reize, die die Endorgane sämtlicher Sinnesgebiete unbewußt erfahren, entsteht im Zentralnervensystem eine Aufspeicherung von Energien, deren Sammelstellen er Energinome nennt; die peripheren Organe heißen energigen, während die Hirn-, Rückenmarks- und Nervenfasern als energidrome Bahnen bezeichnet werden. Der Bogengangapparat wird dementsprechend Energimeter genannt. Sämtliche Muskeln weisen einen Spannungszustand, Reflextonus auf, der verschwindet, wenn die hinteren Wurzeln des Rückenmarks durchschnitten werden. Die Muskeln fühlen sich dann weich und schlaff an. Cyon meint nun, daß die sensiblen Nerven durch die dauernden Reize, die sie erhalten, eine ständige Erregung auch in den motorischen Gebieten unterhalten, die den Spannungszustand in den Muskeln herstellen. Ein geringer Reiz genügt daher, um eine kräftige Wirkung auszulösen. Wir müssen uns ferner vergegenwärtigen, daß bei einer Beugung des Armes nicht allein die Kontraktion des Musc. biceps nötig ist, sondern auch eine Entspannung seiner Antagonisten, so daß sie sich gegenseitig das Gleichgewicht halten. Diese feine Abstufung der Innervationsstärken, wie sie bei feinen Handarbeiten in noch viel höherem

Grade erforderlich ist, soll die Aufgabe des Bogengangapparates sein, indem er sozusagen das Abfließen der angesammelten Reizkräfte auf die motorischen Bahnen reguliert und genau abmißt. Die Reizkräfte können auch zu geistiger Tätigkeit verwandt werden. Nicht allzu selten sehen wir denn nach geistiger Anstrengung eine motorische Schwäche eintreten, die nach obiger Hypothese sehr leicht durch den Mangel an Reizkräften zu erklären wäre. Sehr viele Erscheinungen lassen sich auf diese Art der Erklärung zurückführen, nicht zum wenigsten die Ermüdung und der Schlaf.

Auch für die Blutzirkulation im Gehirn, die für die geistige Beschäftigung so wichtig ist, hat Cyon eine eigenartige Erklärung. Auf Grund seiner physiologischen Untersuchungen sieht er in der Hypophyse einen „Autoregulator des intrakraniellen Blutdruckes; sie wacht über die Sicherheit des Gehirns und über die Erhaltung der Leistungsfähigkeit seines Lebens und seiner Seelenfunktion; sie erfüllt diese Aufgabe teils auf mechanischem Wege, indem durch erhöhten Druck im Türkensattel ein System von Schleusen, z. B. die Schilddrüse in Bewegung gesetzt wird, teils in chemischer Weise, indem sie zwei wirksame Substanzen erzeugt, welche das Herz- und Gefäßnervensystem im Zustande guter Leistungsfähigkeit erhalten".[32]) Wir hätten hier also ein Organ vor uns, das uns das Verständnis des innigen Zusammenhangs zwischen der Blutzirkulation im Gehirn einerseits und den Änderungen in der Herzinnervation und dem Gefäßnervensystem andererseits etwas näher bringen wird.

Überhaupt sind es sehr anregende und interessante Gedanken, die Cyon[32]) in einem erst kürzlich erschienenen Aufsatze über „Leib, Seele und Geist" ausspricht. Er steht darin allerdings im Widerspruch mit der herrschenden Anschauung, doch lassen sich seine Ansichten nicht so ohne weiteres von der Hand weisen. Der Geist ist vollkommen zu trennen von der Seele, die nichts weiter als die Gehirnfunktion ist. Man kann nur noch von geistigen Leistungen, Vorgängen sprechen, nicht mehr von geistigen Funktionen. Der Geist benutzt die in den Ganglienzellen angehäuften Empfindungen, Eindrücke, Wahrnehmungen, Vorstellungen, welche man als „seelische

Funktionen" zusammenfaßt, um sie nach den unwandelbaren Gesetzen des Denkens in vorteilhafter Weise für die Bildung von Begriffen, abstrakten Ideen, Urteilen, Schlüssen usw. zu verwenden. Daher findet sich die Tätigkeit des Geistes nur im Menschen. Man kann doch einen Vorgang, der etwas Aktives darstellt, nicht als die Funktion einer Zelle ansehen.

Ein ähnlicher Gedankengang mag vielleicht auch Binet[33]) veranlaßt haben, die geistigen Erscheinungen aus verschiedenen Elementen zusammengesetzt zu denken: 1. aus dem Gegenstand des Bewußtseins, object de conscience, und 2. aus der Tätigkeit des Bewußtseins, acte de conscience, die hinzukommen muß, damit der Gegenstand überhaupt ins Bewußtsein gelangt. Diese Tätigkeit des Geistes wird heutzutage von den meisten übersehen. Und trotzdem hat sie bei allem geistigen Geschehen den Hauptanteil. Ohne sie bleiben uns alle Erregungen des Nervensystems unbewußt.

Diese Betrachtungen sind offenbar eng mit dem Wesen der Aufmerksamkeit verknüpft, wir nehmen nur das wahr, worauf unser Augenmerk, d. h. unser subjektives Bewußtsein, gerichtet ist. Ribot[4]) betrachtet daher die Aufmerksamkeit als einen Bewegungsvorgang unseres Bewußtseins. Mosso[4]) will sie als einen Reflexvorgang ansehen: wie wir für die Absonderung der Drüsen bestimmte Nerven haben, die die Sekretion vermehren können, so müssen auch im Gehirn bestimmte Nervenfasern dazu bestimmt sein, das Leben in den Zellen dieses Organs reger zu machen und zu schüren, wenn sie an irgendeiner Stelle in Tätigkeit gesetzt werden. v. Kries[34]) glaubt das Wesen der Aufmerksamkeit in bestimmten zerebralen Einstellungen, teils konnektiven, teils dispositiven, suchen zu müssen. Er vergleicht diesen Vorgang der Einstellung dem Mitschwingen einer Stimmgabel beim Ertönen eines Klanges, der einen Ton mit derselben Schwingungszahl wie die Stimmgabel enthält. Wie die Stimmgabel, so kann auch die Aufmerksamkeit auf die verschiedenen Töne ein und desselben Klanges besonders eingestellt sein. Schließlich sind auch die „unbewußten Faktoren" Lipps[35]), die den kausalen psychischen Lebenszusammenhang konstruieren, nichts anderes als die „Einstellungen" v. Kries'.

Sind wir nun imstande, ein Maß für die Größe der geleisteten psychischen Arbeit anzugeben, wie wir es zum Beispiel für die physische in der Formel A = q . h haben, d. h. die Arbeit ist gleich dem Produkt aus der Größe der bewegten Last und der Länge des zurückgelegten Weges. Höfler[36]) stellt ein ähnliches Gesetz für die geistige Arbeit auf: A = p . s, wobei p etwa den Spannungsfaktor, d. h. die zur Anstrengung nötige Aufmerksamkeit und das Interesse dafür, s etwa den Zeitfaktor bedeutet, der aber noch einige Zusätze erhält. Er kommt hierbei zu sehr interessanten Betrachtungen: Vorstellungen und Gefühle sind psychische Nichtarbeiten, während Urteile und Begehrungen als psychische Arbeiten anzusehen sind. Die Arbeitsleistung ist abhängig von der objektiven Größe des Pensums und dem subjektiven Anstrengungsgefühl. Die Leichtigkeit der Produktion ist die Kleinheit der Anstrengung beim Arbeiten. Zum Schluß wirft er die Frage auf, ob psychische und physiologische Arbeit derart parallel gehen, daß, wo letztere geleistet wird, auch erstere als geleistet wahrgenommen werden kann und umgekehrt. Die Empfindungsvorgänge denkt sich niemand ohne physiologisches Substrat. Die Funktion der Nervensubstanz ist aber beim Empfinden z. B. keineswegs immer Verrichten von Arbeit, d. h. Umsatz von potentieller in kinetische Energie, sondern ähnlich wie beim Regenerationsprozeß des Sehpurpurs im Auge Vermehrung der potentiellen Energie; um so näher liegt es, jede Form psychischer Arbeit geradezu als die andere Seite eines physiologischen Arbeitsvorganges aufzufassen. Dieser letzte Satz gewinnt praktische Bedeutung, indem wir die Ermüdungserscheinungen nach psychischer Arbeit, z. B. auf den Verbrauch physischer Kräfte zurückführen müssen.

Wir kommen nun zu dem praktischen Teil unserer Arbeit. Wir haben gesehen, wie unendlich kompliziert und mannigfaltig die physiologischen Vorgänge in unserem Gehirn und Nervensystem jedenfalls sind, wie die Funktionen unseres ganzen Körpers, die Blutzirkulation, die Atmung, der Stoffwechsel und die Wärmebildung tiefgreifende Modifikationen durch die Gehirntätigkeit, sei es nun direkt oder indirekt, erfahren; soviel müssen wir als wahrscheinlich annehmen, daß

ein Übermaß geistiger Arbeit nicht ohne schädliche Folgen für den Körper bleiben kann. Die Art und die Grenzen dieser Schädlichkeiten zu bestimmen, soll jetzt unsere Aufgabe sein.

Die ungeheure Empfindlichkeit und Plastizität der Ganglienzellen im Kindesalter erfordert eine sorgfältige Auswahl der Erziehungs- und Bildungsmittel. Man hat die Entwicklung des Kinderhirns einem Vorgang verglichen, der der Entzündung sehr nahe steht. Wie leicht können da Eindrücke und Vorstellungen, für das Kind vielleicht noch unbewußt, von den Erwachsenen als gleichgültig aufgefaßt, entstehen, die für den ganzen Charakter des späteren Menschen vielleicht von entscheidender Bedeutung sind. Hat doch Kraepelin nachgewiesen, daß die meisten Assoziationen, die unter gewissen Erscheinungen hervorgerufen werden können, dem Kindesalter entstammen, während die erst später gebildeten fast vollständig verschwinden! Dies ist doch ein Beweis dafür, wie tief die seelischen Eindrücke der Kindheit im Gehirn haften. Das Kind kennt vielleicht noch nicht einmal die Worte dafür, aber trotzdem nimmt eine oft hervorgerufene Empfindung oder Beobachtung einen dauernden Platz im Gehirn ein. Daher ist es von allergrößter Wichtigkeit, die Kinderseele von allen schädlichen Einflüssen fernzuhalten. Man glaubt gar nicht, wie tiefe, wenn auch noch so winzige Spuren die Erinnerung an das Verhalten, die Umgangsgewohnheiten der Eltern untereinander und mit anderen Personen usw. im kindlichen Gemüt hinterläßt. Schon der Nachahmungstrieb, der im Kinde, wie man leicht beobachten kann, sehr stark ausgesprochen ist, kann darin Gutes, aber auch Schlechtes leisten. Ferner ist es notwendig, daß das Kind nicht zu früh zum Arbeiten angehalten wird. Das Kind lernt im Spielen. Geistige Anstrengung und Aufmerksamkeit würde das kleine Gehirn viel zu sehr belasten, als daß es ihm nützen würde. Daher ist es ganz verkehrt, die kleinen Kinder in Kindergärten mit feinen Häkelarbeiten und sauberen Klebearbeiten zu beschäftigen. Vielmehr müssen erst alle Sinneswerkzeuge bis zu einem gewissen Grade ausgebildet sein, ehe sie von der Verstandestätigkeit in Anwendung gebracht werden dürfen. Es wäre nun wünschenswert, diesen Zustand der physiologischen

Reife des Kindergehirns, wo wir ihm eine zweck- und zielbewußte Tätigkeit zumuten dürfen, auf das genaueste festzustellen. Im allgemeinen besitzen die Kinder diese Reife, wenn sie mit dem sechsten Jahre in die Schule gebracht werden, einige aber noch nicht. Für diese machen sich vielleicht im Anfange noch keine Nachteile hinter den anderen Schulkindern bemerkbar, aber nach einigen Jahren sind sie nicht imstande, mit den anderen gleichen Schritt zu halten, weil eben die Grundlagen eines fertig ausgebildeten Gehirns fehlten, das nunmehr durch den Schulunterricht noch mehr gelitten hat. Ich glaube hierin einen Grund zu sehen für so viele Enttäuschungen, die so manche Kinder in der Schule später bereiten, die anfangs zu den schönsten Hoffnungen berechtigten. Häufig mag auch Krankheit, die die Kinder in ihrer körperlichen Entwicklung etwas aufgehalten hat, die Ursache für das geistige Zurückbleiben bilden. Aber für solche Kinder ist es dann zweckmäßig, daß sie erst später in die Schule geschickt werden. Hier aber gilt das Wort Senecas: Cogenda mens, ut incipiat, d. h. hier muß der Geist in Schranken gehalten werden, damit er anfange, sc. etwas Ordentliches zu leisten. Während die Entwicklung bisher eine freie gewesen war, so daß Arbeit, Ermüdung und Erholung, wenn man von diesen Dingen im kindlichen Alter schon sprechen darf, unbewußt sich das Gleichgewicht hielten, so führt jetzt der Zwang eine andere Ordnung herbei. Jede Arbeit ist mit Ermüdung verbunden; während aber früher sofort ein Ausgleich durch Erholung geschaffen wurde, ist jetzt dies weniger möglich, da eben der Geist in Schranken gehalten werden soll. um ihn zu bilden. Natürlich kann auch hier immer noch ein gewisses Ausweichen durch Unaufmerksamkeit stattfinden; aber dann wird der Zweck der Schule nicht erreicht. Es fragt sich nun, inwieweit hält sich die Ermüdung in physiologischen Grenzen, und wann wirkt sie auf die körperliche Entwicklung schädlich ein. Dies ist eine eminent wichtige Frage für die Praxis des gesamten Schulunterrichtes. Deswegen ist sie schon unendlich oft in Angriff genommen worden, vollständig gelöst ist sie aber bisher noch nie.

Fragen wir nach den Äußerungen und dem Wesen der

Ermüdung, so müssen wir vorausschicken, daß zu jeder geistigen Tätigkeit zunächst einmal Aufmerksamkeit und dann eine gewisse freiwillige Anstrengung nötig ist, wenn wir von den automatischen Arbeiten absehen. Unter dieser Voraussetzung kann geistige Arbeit entstehen, die sich ihrerseits wiederum aus den Faktoren der Übung und Ermüdung zusammensetzt. Veranschaulichen wir uns diesen Vorgang durch eine Kurve, wie es bereits Öhrn[37]) getan hat, so würde diese folgendes Aussehen erhalten: Zunächst hätten wir, im ganzen betrachtet, einen aufsteigenden und einen absteigenden Teil, die der Übung und der Ermüdung entsprechen würden. Der aufsteigende Ast zeigt zunächst eine kleine Senkung, die dem Nachlassen des „Antriebs" zuzuschreiben ist: erst allmählich ist das Individuum imstande, seine Aufmerksamkeit, die zu Beginn der Arbeit aufs höchste gespannt war, einer länger dauernden Arbeit anzupassen. Die Kurve beginnt dann unter dem Einfluß der Übung zu steigen, aber in der Nähe des Höhepunktes zeigt sie bereits einige kleine Schwankungen, die bereits als Schwankungen der Aufmerksamkeitsspannung unter dem Einfluß der Ermüdung zu deuten sind. Der Höhepunkt, wo sich Übung und Ermüdung sozusagen das Gleichgewicht halten, liegt verschieden weit vom Anfang entfernt, je nachdem die Ermüdung früher oder später das Übergewicht erhält. Die Kurve zeigt dann in der Ermüdungsphase ziemlich bedeutende Schwankungen, die um so größer sind, je stärker der Wille ist, die unabwendlich hereinbrechende Ermüdung abzuwehren. Sie werden schließlich kleiner, um bei hochgradiger Ermüdung gänzlich zu verschwinden. Diese Schwankungen können auch fehlen, wenn die Ermüdung von vornherein sehr hochgradig war.

Das Wesen der Ermüdung besteht, grob ausgedrückt, in der Abnahme der Fähigkeit, Arbeit zu leisten. Sie ist immer physiologisch bedingt, sei es nun durch Anhäufung von Zerfallsprodukten, die im Blute kreisen und eine Arbeitslähmung der Nervenzellen herbeiführen, oder durch mangelnden Sauerstoffvorrat in den Ganglienzellen selbst, welchen Zustand wir Erschöpfung nennen. Nur diese beiden Erscheinungen sind wir berechtigt Ermüdung zu nennen; völlig davon zu trennen

und wohl zu unterscheiden ist das Gefühl der Müdigkeit, das wohl mit dem Zustand der Ermüdung verknüpft sein kann, aber jedenfalls ganz andere Ursachen hat, da es auch ohne Ermüdungserscheinungen vorkommt. Die Ermüdungsstoffe in vitro darzustellen, hat Weichardt[38]) versucht. Zunächst stellte er aus Muskelpreßsaft mit Reduktionsmitteln ein Ermüdungstoxin her, das er Mäusen injizierte, die dann die Ermüdungserscheinungen, wie Sopor und Atemverlangsamung, zeigten. Ähnliches ist schon von Mosso gefunden worden. Weichardt glückte es schließlich, ein aus Eiweiß abspaltbares Toxin, dem er den Namen Kenotoxin gab, zu gewinnen und durch Injektion bei Tieren Ermüdung hervorzurufen. Nebenbei sei erwähnt, daß er auch ein Antikenotoxin gefunden hat, das die Wirkung des Kenotoxins aufzuheben vermochte. Versuche, die an Menschen angestellt wurden, haben allerdings noch ein zweifelhaftes Resultat ergeben, und so muß man erst weitere Nachprüfungen abwarten. Auf einzelne Besonderheiten der Ermüdung, insbesondere ihre Beziehungen zu anderen psychologischen Vorgängen, werde ich noch im Laufe der folgenden Untersuchungen zu sprechen kommen, die uns mit den verschiedenen Methoden der Ermüdungsmessung bekannt machen sollen. Ich werde dabei gleich die Ergebnisse mit berücksichtigen, zu denen sie geführt haben, um eventuell den Wert ihrer Brauchbarkeit für die praktische Nutzanwendung klarlegen zu können.

Wir haben hier zwei Untersuchungsreihen zu unterscheiden, deren eine im wesentlichen gleich praktisch in der Schule ausfindig gemacht und erprobt worden ist, während die andere durch Laboratoriumsversuche und klinische Beobachtungen dargestellt wird und hauptsächlich in Experimenten besteht, deren Wert aber durchaus nicht zu unterschätzen ist; denn erst auf Grund von Experimenten, deren Bedeutung in der Abänderung der Versuchsbedingungen liegt, sind wir imstande, Erscheinungen, die uns wohl bekannt zu sein scheinen, in ihren einzelnen feineren Zügen zu erkennen und diese auf ihre Ursachen zurückzuführen. Erst wenn die Ermüdung so in ihren Einzelheiten bekannt sein wird, wird es möglich sein, ein wirkliches Maß für die Ermüdung zu finden, bei dem sich

alle Fehlerquellen ausschließen lassen. Die Ermüdung läßt sich auf zweierlei Art messen: einmal, indem man das Nachlassen der psychischen Tätigkeit in Quantität und Qualität selbst prüft, und zweitens, indem man die Eigenschaft der Ermüdung benutzt, daß sie die sämtlichen Körperfunktionen in Mitleidenschaft zieht, und nun auf diesen Satz gegründet die Änderungen z. B. in der Muskelleistung, in der Muskelkraft, in der Haut- und Schmerzempfindlichkeit usw. bestimmt.

Am meisten von allen Untersuchungen ist die Rechenmethode, das Addieren oder Multiplizieren einfacher Zahlen, angewandt. Aber selbst diese einfache Operation ist schon ein ziemlich zusammengesetzter psychischer Vorgang: zunächst ist das richtige Auffassen der Zahlen erforderlich, das Gedächtnis spielt bei dem eigentlichen Akt des Addierens oder Multiplizierens eine Rolle, und schließlich ist das Aussprechen oder Niederschreiben des Resultats wieder ein gesonderter Gehirnvorgang. Kraepelin[39]) hat auf die Ähnlichkeit hingewiesen, die zwischen dem psychischen Zustand, der infolge Alkoholintoxikation eintritt, und dem der physiologischen Ermüdung besteht. Der Alkohol erschwert die Auffassung und die intellektuelle Verarbeitung der äußeren Eindrücke, erleichtert aber die Auslösung von Bewegungen. Ebenso findet sich bei der Ermüdung eine bedeutende Herabsetzung der Auffassungs- und Rechenfähigkeit. Dagegen sehen wir ein Geringerwerden der Denkfehler eintreten, die Resultate werden zum Teil in qualitativer Hinsicht besser, während die Schreibfehler und Verbesserungen in bedeutendem Maße zunehmen [Rivers und Kraepelin[40])]. Es hängt dies jedenfalls mit einer psychomotorischen Erregung zusammen, die sich unter dem Einfluß der Ermüdung geltend macht. Ebenso haben sie gewisse qualitative Veränderungen im Inhalte der Assoziationen gemein: Zunahme der äußeren, an Klang und Gesichtsvorstellungen sich anlehnenden Assoziationen und ein häufigeres Auftreten ein und derselben Vorstellungen. Wer hat nicht schon an sich selbst, wenn er stark ermüdet war, am Schreibtisch die Beobachtung gemacht, daß immer dieselben Worte und Vorstellungen wiederkehren?

Die Rechenmethode wandte zuerst Burgerstein[41]) an,

der vier Reihen einfacher Additions- und Multiplikationsaufgaben zusammenstellte, deren Lösung mit den Pausen des Einsammelns ungefähr eine Schulstunde in Anspruch nahm. Die Änderung in Quantität und Qualität der Fehler in den einzelnen Abschnitten sollte einen Maßstab für die Ermüdung abgeben. Anfangs ließ sich ein Steigen der gerechneten Aufgaben feststellen, was der Übung zuzuschreiben ist, aber gleichzeitig trat eine Verschlechterung in der Qualität der Leistungen ein, die viel hochgradiger wuchs als die Geschwindigkeit der Arbeit.

Laser[42]) in Königsberg ließ am Anfang jeder Stunde eines fünfstündigen Schultages je zehn Minuten rechnen. Es waren meist 13- bis 14jährige Knaben und Mädchen. Auch hier zeigte sich ein entschiedenes Anwachsen der Leistungsfähigkeit, am stärksten von der ersten zur zweiten Stunde; erst im letzten oder vorletzten Abschnitt war meist eine geringfügige Abnahme der Arbeitsgeschwindigkeit zu bemerken. Dagegen erfuhren die Verbesserungen und Fehler gegen Schluß des Versuchstages eine geringe Zunahme. Obwohl also im Durchschnitt die praktische Arbeitsfähigkeit nicht in hohem Maße beeinträchtigt gewesen zu sein scheint, so bestanden doch überraschend große Unterschiede zwischen den Arbeitsleistungen der einzelnen Schüler. Die höchsten Leistungen überboten die geringsten vielfach um das Doppelte, ja sie stiegen sogar auf das Vierfache. Und gerade bei den am wenigsten arbeitenden Kindern findet sich gegen Schluß ein erhebliches Sinken der Arbeitsleistung. Das weist uns darauf hin, daß wir hinsichtlich der Ermüdbarkeit sehr individualisieren müssen. Mit Recht hat die Ermüdbarkeit daher Kraepelin[43]) eine „Grundeigenschaft der Persönlichkeit" genannt. Sie steht offenbar in einem gewissen Gegensatz zur Übungsfähigkeit: je leichter ermüdbar eine Person ist, eine um so größere Übungsfähigkeit scheint sie zu besitzen.

Richter[44]) in Jena gab in einer Untertertia während der ersten Vormittagsstunden die Lösung einfacher arithmetischer Aufgaben auf, die ungefähr $^3/_4$ Stunde in Anspruch nahm. Der Versuch wurde am folgenden Tage in der vierten Stunde wiederholt. Während am ersten Tage sich eine Zunahme der

Arbeitsgeschwindigkeit mit jedem Teilstücke gezeigt hatte, die Fehler allerdings gegen Ende zunahmen, war am zweiten Tage die Steigerung der Geschwindigkeit nur gering, während die Fehlerzahl bereits im zweiten Teilstück beträchtlich wuchs. Ein zweiter Versuch, bei dem die einzelnen Beobachtungen allerdings 14 Tage auseinanderliegen, zeigt nicht so deutliche Resultate.

Alle diese Untersuchungen leiden an dem Mangel genügender Eindeutigkeit. Die Aufgaben waren doch zu verschiedenartig, als daß sie einen Vergleich der einzelnen Werte untereinander zuließen. Auch die Zeit wurde nicht in genügender Weise berücksichtigt. Kraepelin[45]) schlägt daher das „Addieren einstelliger Zahlen" vor, eine Methode, wie er sie fast immer in seinen Laboratoriumsversuchen anwendet. Die Anzahl der Additionen je zweier einstelliger Zahlen während einer Minute, wobei die Resultate ganz unberücksichtigt gelassen werden können, soll dem Ermüdungszustand einer Person proportional sein. Ganz eindeutig ist auch dieses Verfahren nicht, es stellt aber wenigstens die besten Vergleichswerte her. In der Praxis der Schule ist diese Methode in größerem Maßstabe bisher wenigstens noch nicht erprobt worden. Wohl sind einige Versuche damit angestellt worden, die aber alsbald wieder aufgegeben wurden, da sie zu keinem ausgesprochenen Resultate führten. Wir dürfen aber hierfür nicht das Verfahren an sich anschuldigen, sondern müssen den ungünstigen Erfolg vielmehr auf eine nicht genügende Vertrautheit mit der Anwendung der Methode und der Berechnung ihrer Versuchsergebnisse zurückführen. Daß sie brauchbare Werte liefern kann, zeigen uns die Untersuchungen von Specht[46]), der durch eine 10 Minuten lang dauernde Arbeit in den Kraepelinschen Rechenheften, die er jeden zweiten Tag durch eine Pause von 5 Minuten unterbrach, um die Übungsfähigkeit der einzelnen Personen festzustellen, sehr gute Resultate erzielte. Er stellte seine Versuche an 17 Gesunden und 6 Personen, die an traumatischer Neurose erkrankt waren, an. Da die Ermüdbarkeit, wie wir wissen, schon unter normalen Verhältnissen bei den einzelnen Menschen sehr verschieden ist, so mußte zunächst die „Ermüdungsbreite" der Gesunden

bestimmt werden. Dann zeigte sich durch vergleichende Experimente an den Kranken, daß bei diesen die Ermüdbarkeit erheblich größer ist als bei den Gesunden. Die Unterschiede konnten zahlenmäßig festgelegt werden.

In zweiter Linie benutzte man Diktate von Zahlen, Wörtern und Sätzen, um mit Hilfe der Fehlerzahl die Ermüdung zu messen. Höpfner[47]) in Berlin untersuchte die Fehler eines zweistündigen Diktats, das aus 19 Sätzen bestand, die einzeln vorgelesen, von den Schülern hergesagt und niedergeschrieben wurden. Die Anzahl der Fehler nahm natürlich gegen Ende zu. Aber auch qualitative Unterschiede ließen sich feststellen. Namentlich bewiesen die Fehler des „Ausfalls" von Buchstaben, daß die äußeren Klangassoziationen, wie sie dem Kind in der Umgangssprache geläufig sind, die Fehler bestimmten. Auch das Schriftbild versagte bei zunehmender Ermüdung immer leichter. Die logischen Operationen, das Subsumieren unter Wortklassen resp. Regeln waren geschwächt.

Friedrich[48]) aus Würzburg kam es darauf an, den Einfluß der gegenwärtigen Unterrichtsdauer auf die Leistungsfähigkeit und ferner die Wirkung von eingeschobenen Arbeitspausen zu untersuchen. Zu diesem Zwecke ließ er zehnjährige Schüler einmal 12 Sätze von annähernd gleicher Buchstaben- und Zeichenzahl und gleicher Schwierigkeitsstufe schreiben, das anderemal je 5 Additions- und Multiplikationsaufgaben lösen; für die erstere Aufgabe stellte er 30, für die letztere 20 Minuten zur Verfügung. Diese Prüfungsarbeiten wurden zu Anfang der ersten Stunde, nach der zweiten, dritten und letzten Stunde geschrieben und auch am Nachmittag in entsprechender Weise wiederholt. Dazwischen wurden verschieden lange Pausen eingeschoben. Durchgehends zeigte sich eine Herabsetzung der Leistungsfähigkeit nach länger dauerndem Unterricht. Die Pausen sind von durchweg günstiger Wirkung. Eine eingehende Studie über den Einfluß von Arbeitspausen auf die geistige Leistungsfähigkeit ist von Amberg[49]) gemacht worden. Die Wirkung der Pause ist nicht an und für sich feststehend, sondern hängt wesentlich von dem Zustand ab, in welchem sich der Arbeitende in den verschiedenen Abschnitten seiner Tätigkeit befindet. Pausen von gleicher Größe wirken bei

lange fortgesetzter Arbeit günstig, weil sie Erholung gewähren, dagegen bei kurzdauernder Tätigkeit ungünstig, weil sie den Übungsfortschritt herabsetzen und die Wirkung der „Anregung" vermindern.

Auch die Gedächtnisleistung hat man zur Messung der Ermüdung herangezogen. Dahin gehört das Memorieren von Zahlen und zusammenhanglosen Silben, wie es Ebbinghaus[50]) vorgeschlagen hat. Man hat hierbei einen Maßstab für die Ermüdung in der Anzahl der Wiederholungen, die nötig sind, bis die Reihe fehlerlos eingeprägt ist. Die Übungsfähigkeit ist aber so groß dabei, daß die Ermüdungswirkung nicht zum Vorschein kommt und die Resultate dadurch ungenau werden.

Eine sehr gute Methode scheint das Aussuchen und Durchstreichen von Buchstaben in vorgelegten Texten zu sein, die man in mannigfacher Weise variieren kann, so daß hier der Übungszuwachs nicht so leicht zur Geltung gelangt. Dieses Verfahren wird von Ritter[51]) sehr empfohlen, der es neben dem Diktat von Wörtern für das beste Mittel hält, um den Ermüdungsgrad einer Schülerklasse zu messen. Mit diesen Hilfsmitteln hat er folgende Tatsachen eruieren können: „Die Anstrengung einer Übersetzung ex tempore ist viel ermüdender als die bloße Mitbeteiligung an einer Schriftstellerlektüre. 2. Der vormittägige Unterricht in den Oberklassen der Württembergischen Gymnasien ist im allgemeinen so eingerichtet, daß die Ermüdung durch den Vormittagsunterricht durch die Mittagspause im wesentlichen wieder aufgehoben wird, daß aber die Ermüdung am Schluß des zwei- bis dreistündigen Nachmittagsunterrichts meist merklich größer ist als die nach dem vierstündigen Vormittagsunterricht."

Aus rein praktischen Gründen ist noch folgende Methode von Ebbinghaus[52]) angegeben. Er war genötigt, ein Gutachten darüber abzugeben, ob die Ermüdung durch den fünfstündigen Unterricht nachteilige Folgen haben könnte und inwiefern die zunehmende Nervosität der Schulkinder damit in Zusammenhang zu bringen wäre. Ebbinghaus sah sich nach den bisher angewandten Methoden der Ermüdungsmessung um: Griesbachs Methode, die wir später kennen lernen

werden, wurde verworfen, da sie kein Maß für den Grad der geistigen Ermüdung habe, die Rechen- und Gedächtnismethode geben nur Aufschluß über relativ niedere und einseitige Betätigungen des Geistes. Die eigentliche Intelligenztätigkeit ist das Kombinieren, d. h. eine größere Vielheit von unabhängig nebeneinander bestehenden Eindrücken zu einem sinnvollen Ganzen zusammenzuschließen. Er legte daher Schülern Lesestücke vor, in denen einzelne Silben, Laute und Worte ausgelassen waren, die sie nun sinngemäß ergänzen mußten. Die Zahl der begangenen Fehler wurde als umgekehrtes Maß der Kombinationsgabe betrachtet, das zugleich auch die Wirkung der Ermüdung am deutlichsten erkennen lassen sollte. Das Ganze wurde als ein Versuch angesehen, und dementsprechend ließ sich ein definitives Urteil über die Ermüdung oder Nichtermüdung wenigstens in den oberen Klassen nicht abgeben, dagegen zeigte sich ein zunehmendes Zurückbleiben der untersten Klassen mit den Schülern von 10 bis 12 Jahren hinter dem, was man nach den Leistungen der höheren erwarten sollte.

Wiermsa[54]) konnte dieselbe Methode bei verschiedenen Schülern mit Vorteil anwenden. Doch scheint sie weniger ein Maß für die Ermüdung zu geben, als der Ausdruck für die Kombinationsfähigkeit zu sein, die aber durchaus nicht der psychischen Leistungsfähigkeit parallel zu gehen braucht.

Während die bisherigen Methoden fast ausschließlich für die Praxis berechnet waren, werden von Kraepelin noch einige andere angewandt, die in Laboratoriumsversuchen ausgezeichnete Ergebnisse liefern: es sind dies die Bestimmungen der einfachen und zusammengesetzten Zeit- und Assoziationsreaktionen. Über Ausführung und Deutung der Versuche findet man in den „Psychologischen Arbeiten" Kraepelins und seiner Schüler ausführliche Angaben. Sie geben uns auch vor allen Dingen einen Aufschluß über die Qualität der psychischen Leistungen im Ermüdungszustande.

Wir kommen nun zu den Versuchen, die die geistige Ermüdung nicht direkt, sondern indirekt messen. Griesbachs[55]) Methode ist sehr einfach und beruht auf der Beobachtung, daß zwei Zirkelspitzen nur dann noch als gesondert auf der Haut

empfunden werden, wenn sie eine bestimmte minimale Entfernung haben, die für die einzelnen Körperregionen verschieden ist. Griesbach behauptet nun, daß die Hautempfindlichkeit durch die Ermüdung herabgesetzt und die Tastkreise größer werden, so daß auch die Entfernung der Zirkelspitzen vergrößert werden muß. Die Ergebnisse Griesbachs zeigten eine große Übereinstimmung, so daß man auf diese Untersuchungsart große Hoffnungen zu setzen berechtigt war, da sie leicht ohne Störung der Unterrichtsbedingungen ausgeführt werden konnte und wenig Zeit in Anspruch nahm. Auch kommt der Übungseinfluß offenbar ganz in Fortfall. Aber auch sie gibt kein Maß für die Schwere der Ermüdung, da diese nicht mit der größeren Entfernung der Zirkelspitzen in gleichem Sinne wächst. Trotzdem konnte Griesbach ganz beachtenswerte Tatsachen damit feststellen. Ich will nur einiges hervorheben: Die Zahlen für die Entfernung der Zirkelspitzen nehmen mit fortschreitender Ermüdung um das Doppelte bis Vierfache zu. Doch ließ sich ein verschiedener Einfluß der einzelnen Unterrichtsfächer nachweisen. Namentlich Mathematik und Latein, aber auch Französisch und Englisch setzten die Hautempfindlichkeit beträchtlich herab, während besonders die Religionsstunden ein Nachlassen dieser Störungen erkennen ließen. Durch Wechsel der Arbeit könnte hiernach scheinbar ein günstiger Einfluß auf die Arbeitsfähigkeit ausgeübt werden. Weygandt[56]) hat durch Versuche nachgewiesen, daß dies im allgemeinen nicht der Fall ist: wenn es aber vorkommt, so ist die Schwere der Arbeit ausschlaggebend. Günstig wirkt nur der Wechselantrieb, der mit einer Tätigkeitsänderung verbunden ist, und meist in einer leichten motorischen Erregung besteht. Auch dürfen wir nicht einen partiellen Ermüdungszustand des Gehirns annehmen, der durch einen Arbeitswechsel beseitigt werden könnte. Außerdem konnte Griesbach feststellen, daß am Morgen vor dem Unterricht eine Herabsetzung der Hautempfindlichkeit gegenüber den schulfreien Tagen bestand. Er schließt daraus, daß eine ganze Reihe von Schülern früh nicht gehörig ausgeruht und frisch in die Schule kam. Interessant sind die Beziehungen, die Römer[57]) zwischen Schlaf und geistiger Tätigkeit feststellte. Kurz nach dem

Schlaf zeigte sich eine deutliche Müdigkeit, die sich in dem Fehlen des Arbeitsantriebs und den geringen absoluten Leistungen äußerte, aber nicht in die Symptome der Ermüdung überging, sondern schließlich eine Zunahme der Arbeitsleistung folgen ließ. Die Zeit des tiefsten Schlafes ist offenbar individuell sehr verschieden. Während „Morgenarbeiter" vor Mitternacht den tiefsten Schlaf haben, tritt die größte Schlaftiefe bei „Abendarbeitern" erst gegen Morgen ein. Diese psychologischen Verschiedenheiten verdienen gerade bei Schulkindern die größte Beachtung.

Vannod[58]) und Wagner[59]), der sich des Eulenburgschen Ästhesiometers bediente, konnten die Resultate Griesbachs nur bestätigen. Auch Wagner fand relativ hohe Anfangszahlen am Morgen, namentlich bei den Schülern der Quarta. Es scheint gerade dieses Alter eine starke Ermüdbarkeit zu zeigen, wie schon Ebbinghaus gefunden hatte (vergl. oben). Gleichfalls ist der Turnunterricht den anderen Unterrichtsgegenständen vollständig gleichzustellen und der Nachmittagsunterricht ganz zu verwerfen.

Diesem günstigen Ausfall der Untersuchungen, die alle für die Tauglichkeit der Griesbachschen Methode sprechen, stehen aber neue Prüfungen gegenüber, die ein ablehnendes Verhalten zeigen. Leuba[60]) und besonders Bolton[61]) halten die Griesbachsche Methode für feinere Raumschwellenuntersuchungen für ungeeignet: Das gleichzeitige Aufsetzen der Zirkelspitzen, der gleichmäßige Druck lassen sich nicht mit der Exaktheit ausführen, wie es wohl wünschenswert wäre. Auch ist die Größe der Raumschwelle in keiner Weise als Maß für die Ermüdungswirkung einer geistigen Arbeit zu verwenden.

Trotzdem ist diese Methode in letzter Zeit noch einmal von Binet[62]) angewandt worden, allerdings in etwas modifizierter Form: er bediente sich kleiner Pappdeckel mit je zwei Nadeln in verschiedener Entfernung, die den Zirkelspitzen Griesbachs entsprechen, aber ein schnelleres, leichteres und sorgfältigeres Hantieren zulassen. Auch prüfte er die Aussagen nicht bloß einmal, sondern öfters, indem er die Entfernung der Nadelspitzen beliebig oft auch in entgegengesetzter

Richtung variierte. Auf diese Weise konnte er zugleich noch Schlüsse auf die Aufmerksamkeit ziehen. Er fand nun auch etwas andere Resultate als Griesbach: 1. Die Reizschwelle variiert außerordentlich bei den einzelnen Personen. 2. Die geistige Ermüdung ruft eine Herabsetzung der Berührungsempfindlichkeit, allerdings nur eine geringe, hervor. Sie fand sich aber nur bei 5% der Knaben, bei 11% der Mädchen. Wie erklärt sich diese geringe Zahl? Binet nimmt drei Klassen von Individuen an: 1. Kräftige Knaben, bei denen wohl Ermüdung eintritt, die sich aber nicht in der Herabsetzung der Empfindlichkeit äußert, oder bei denen das Verhältnis zwischen Ermüdung und dem Zustand der Empfindlichkeit nicht konstant ist. Doch ist ersteres wahrscheinlicher. 2. Individuen, bei denen sich die Ermüdung normal durch über drei falsche Antworten zeigt. 3. Paradoxe Subjekte, die nach der Anstrengung die Spitzen in geringerer Entfernung unterscheiden als vorher. Eine zweite Versuchsreihe ergibt die gleichen Resultate, die sich dahin zusammenfassen lassen, wenn man die Ausnahmefälle 1 und 3 unberücksichtigt läßt: 1. Die geistige Ermüdung der Schüler zeigt sich in einer am Handrücken meßbaren Abnahme der Berührungsempfindlichkeit. 2. Die Herabsetzung drückt sich durch eine Verminderung der Antwort „doppelt" bei der kleinen Entfernung 0,5 bis 1,5 cm, besonders stark bei 1 cm aus. 3. Sie ist größer bei den Mädchen als bei den Knaben. 4. Sie ist einer Änderung in der Berührungsempfindlichkeit und nicht einer Verminderung in der Aufmerksamkeit zuzuschreiben. — Binet hat außerdem noch das Verhalten der Schmerzempfindungen im Zustande der Ermüdung geprüft und mit Hilfe des Sphygmometers von Blocq-Verdier die interessante Tatsache aufgedeckt, daß eine Steigerung des Gewichtes um ca. 1,8 kg nötig ist, um Schmerz hervorzurufen, während sonst schon eine Last von 6 bis 8 kg auf dem Rücken der vier Finger der Hand dazu genügt. Die Angaben sind natürlich sehr subjektiv, und daher ergaben sich schon bei der zweiten Untersuchung ungenaue Resultate.

Auch an den Muskeln kann man sehr leicht und deutlich Ermüdungserscheinungen beobachten: an ihnen sind sie über-

haupt zum erstenmale von Mosso[63]) mit dem von ihm angegebenen Ergographen eingehend untersucht worden. Mit dem Flexor des Mittelfingers einer Hand wird mittels eines geeigneten Apparates alle zwei Sekunden ein Gewicht von zirka 3 kg gehoben und wieder sinken gelassen. Die Höhepunkte der einzelnen Zuckungen stellen eine unter dem Einfluß der Ermüdung absteigende Kurve dar, welche auf einer Kymographiontrommel aufgezeichnet werden kann und eine für jedes einzelne Individuum charakteristische Form hat, vorausgesetzt, daß immer die gleichen Versuchsbedingungen bestehen. Werden diese abgeändert, z. B. das Gewicht vermehrt oder der Rhythmus beschleunigt oder verlangsamt, so treten auch Anderungen in der Arbeitsleistung ein, wie Oseretzkowsky und Kraepelin[64]) gezeigt haben: Bei Beschleunigung von 30 auf 60 und 120 Zuckungen in der Minute bessert sich die Leistung hauptsächlich durch Vermehrung der Hebungen. Die Gesamtmuskelleistung ist beim Heben eines Gewichtes von 4 kg erheblich größer als bei 6 kg. Interessant ist es nun, zu sehen, wie geistige Arbeit die Muskelleistung beeinflußt. Mosso[4]) konnte eine starke Herabsetzung dieser an Dr. Maggiora beobachten, wenn dieser eine anstrengende Prüfung abgehalten hatte. Er erklärte sich diese Erscheinung dadurch, daß die übermäßige Gehirntätigkeit nicht allein eine lokale Erschöpfung bedingt, etwa durch Anhäufung von Zerfallsprodukten im Gehirn, sondern daß diese in den Blutkreislauf gelangen und nun eine allgemeine Intoxikation der Muskeln des gesamten Körpergewebes herbeiführen. Denn auch wenn er die Willensanstrengung, d. h. den vom ermüdeten Gehirn ausgehenden Reiz ausschloß, indem er den Muskel direkt durch elektrische Ströme reizte, konnte er eine Verminderung der Arbeitsleistung des Muskels wahrnehmen.

Umgekehrt konnte Bum[65]) die Beobachtung machen, daß der Wille sich bei abwechselnd willkürlichen und unwillkürlichen Kontraktionen des Muskels nicht wieder vollständig erholt während der elektrischen Reizungen, sondern die Abnahme der Muskelleistung konstant bleibt. Er zieht daraus für die Praxis die Lehre, daß körperliche Anstrengung, so wie sie z. B. das deutsche Turnen darstellt, nicht geeignet sein kann, dem

Geist eine Erholung zu bieten. Selbst Kürturnen und Spiele verursachen eine, wenn auch nur geringe zentrale Ermüdung. Erholung kann daher nur durch vollkommene körperliche und geistige Ruhe erreicht werden.

Diese Frage, ob das Zentralnervensystem durch körperliche, d. h. hauptsächlich Muskelermüdung, irgendwie in Mitleidenschaft gezogen wird, hat auch Joteiko[66]) zu entscheiden gesucht. Vor und nach einer genügend langen Arbeit der rechten Hand mit dem Ergographen, wodurch also sicher Ermüdung des rechten Armes eintrat, wurde die Kraft der linken Hand mit dem Dynamometer gemessen. Fand sich ein Unterschied in der Kraftleistung, so war damit bewiesen, daß die Ermüdung nicht auf den rechten Arm beschränkt geblieben war, sondern das Gehirn ebenfalls, und zwar allgemein in seiner Arbeitsfähigkeit geschädigt hatte. Joteiko fand nun drei Gruppen von Personen: 1. type dynamogène nennt er solche Personen, die am besten der Ermüdung widerstehen (10 : 18), ja sogar zu Anfang eine leichte Erhöhung der dynamometrischen Leistung zeigen. 2. type inhibitoire: sogleich nach der ersten Ermüdungskurve sinkt auch die dynamometrische Energie: die Ermüdung beschränkt sich also nicht auf eine Gehirnhälfte, sondern zeigt auch in den anderen Gehirnzentren Hemmungserscheinungen. 3. type intermédiaire: zunächst besteht eine motorische Übererregbarkeit, die aber dann in ein beständiges Nachlassen der dynamometrischen Kraft übergeht.

Den Dynamometer kann man auch in ähnlicher Weise wie den Ergographen anwenden, um die Ermüdung zu messen. Clavière[67]) ließ bei ausgestrecktem Arm alle drei Sekunden 15 mal hintereinander mit der Hand einen kräftigen Druck auf den Dynamometer ausüben. Die Kraftwerte stellen eine ähnliche Kurve dar wie die Höhen der Muskelzuckungen beim Ergographen. Der Grad der Ermüdung läßt sich dementsprechend ablesen. Nur schleichen sich hier viel leichter Beobachtungsfehler durch auftretenden Schmerz, Transpiration der Hand, die das Festhalten erschwert, und durch ungeschickte Haltung des Apparates ein. Trotzdem prägte sich die Ermüdung nach einer beliebigen zweistündigen geistigen Arbeit

in dem Nachlassen der Muskelkraft deutlich aus, während mittlere geistige Anstrengung keine sichtbare Schwächung der Muskelkraft erkennen ließ.

Im Anschluß hieran will ich noch einige Untersuchungen erwähnen, die uns das Verständnis der vorherigen Beobachtungen etwas erleichtern. Durch verschiedenfache Anderung der Versuchsanordnung bei den Ergographenmessungen waren Hoch und Kraepelin[68]) zu dem Schluß gekommen, daß die Ermüdung der Nervenzentren oder ihre Reizung die Zahl der Erhebungen in der Zuckungskurve des Muskels verändert, während die Höhe durch den Zustand des Muskels beeinflußt wird. Daß nun auch die fallenden Dynamometerwerte die zentrale Depression anzeigen, konnte Joteiko[66]) dadurch beweisen, daß er nachwies, daß das Sinken der Werte der Verminderung der Erhebungen gesetzmäßig entsprach.

Schon oft haben wir gesehen, daß dem Nachlassen der einzelnen Fähigkeiten unter dem Einfluß der Ermüdung eine kurzdauernde Erregung vorausgeht. Man hat sich diese allgemeine Erfahrung zunutze gemacht, indem man diese Erregung durch künstliche Reizmittel hervorrief und dadurch die Ermüdungserscheinung etwas hinausschob. Wie Féré[69]) nachgewiesen hat, sind diese wohl imstande, eine augenblickliche Steigerung der Leistungsfähigkeit sowohl in Quantität wie in Qualität herbeizuführen, aber die allgemeine Ermüdung schreitet trotzdem fort, ja sogar in erheblich schnellerem Tempo. Man benutzt dazu gewöhnlich Tee, Kaffee und Alkohol in den verschiedensten Formen. Dabei sind aber Unterschiede in den Reizantrieben dieser verschiedenen Mittel nach Hoch und Kraepelin[68]) zu bemerken: „Während die ätherischen Öle eine Erleichterung der assoziativen Vorgänge und eine mäßige Erschwerung in der zentralen Auslösung von Bewegungsantrieben erzeugen, erschwert der Alkohol von vornherein die Auffassung und die Assoziationen und ist nur mit einer vorübergehenden motorischen Erregung verknüpft.“ Eine leichte zentrale motorische Erregung findet sich auch in der Ermüdung, die nach körperlicher Arbeit eintritt, im Gegensatz zur geistigen Lähmung, die nach körperlicher Arbeit viel hochgradiger ist als nach geistiger (vergl. Bettmann[70]). Turn-

stunden und lange Spaziergänge können daher nicht als Erholung für geistige Arbeit betrachtet werden.

Erwähnen möchte ich noch, daß die Ergographenkurve auch für einige geistig-abnorme Zustände charakteristisch ist, wie dies Breukink[71]) zuerst untersucht hat. Die Hebungen halten sich auf den Ermüdungskurven von Hysterischen ziemlich lange auf großer Höhe, um dann plötzlich abzubrechen. Nach einer Pause von zwei Minuten wird eine fast gleiche Kurve gezeichnet. Das plötzliche Aufhören ist nicht durch physiologische Ermüdung bedingt, sondern das Ermüdungsgefühl wirkt bei Hysterischen derart lähmend, daß die Willensenergie plötzlich gehemmt wird. Bei Neurasthenikern bildet die Verbindungslinie der Spitzen der Hebungen nahezu eine gerade Linie. Die durchschnittliche Hebungshöhe, Anzahl der Hebungen und mkg Arbeit ist bei ihnen kleiner als bei Gesunden.

Schließlich hat man noch die Akkomodations- und Konvergenzanstrengung der Augenmuskeln zur Feststellung der Ermüdung herangezogen. Nach geistiger Arbeit erlahmen auch diese ebenso gut wie die übrigen Körpermuskeln und verursachen eine Störung in ihrer Funktion. Bei der Sehprüfung konnte daher Moore[72]) besonders in quantitativer Hinsicht eine Verschlechterung unter dem Einfluß der Ermüdung nach geistiger Arbeit beobachten: Ungenauigkeit der einzelnen Urteile, Unregelmäßigkeit im Gang der Beurteilung und häufigeres Auftreten extremer Werte.

Auch in der Pupillenreaktion, in der abnehmenden Größe des Gesichtsfeldes, in gewissen Abweichungen beim Farbenerkennen fand man Ermüdungssymptome, die aber bisher nicht weiter untersucht wurden (vergl. M. Offner[73]). Soviel scheint festzustehen, daß bei geistiger Ermüdung eine Erschlaffung sämtlicher Augenmuskeln eintritt: die Pupille erweitert sich, die Linse wird abgeflacht, die Augen nehmen eine leichte Divergenzstellung ein (vergl. A. Binet et V. Henri[74]).

Wenn wir nun auch die Ermüdung als einen physiologischen Vorgang auffassen müssen, der unter günstigen Erholungsbedingungen zur Restitutio ad integrum führt, so

dürfen wir aber nicht außer acht lassen, daß sie auch vorübergehende oder dauernde Schädigung des ganzen Körperlebens veranlassen kann. Wir wissen z. B., daß eine Nachtarbeit ohne besondere Erholung sich noch mehrere Tage in der Herabsetzung der geistigen Leistungsfähigkeit ungünstig bemerkbar macht. Daher ist es eben von der größten Wichtigkeit, daß jede einzelne Person die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit und den Eintritt der Ermüdung kennt, um durch rechtzeitiges Aussetzen der Arbeit schädlichen Folgen zu entgehen. Ein objektives Maß dafür haben wir bis jetzt wenigstens noch nicht, und das subjektive ist häufig zu unbestimmt, als daß man sich darauf verlassen könnte. Wohl äußert sich die Ermüdung zuweilen in dem Gefühl der Müdigkeit, doch kann dieses durch äußere Einflüsse und Gewohnheit soweit herabgesetzt werden, daß es leicht übersehen wird. Und dann treten plötzlich nach allzu langer geistiger Anstrengung die Erscheinungen der Erschöpfung auf, ohne daß sich Vorläufer gezeigt hätten. Man spricht dann gewöhnlich von Überbürdung der Schulkinder (vergl. Kraepelin: Zur Überbürdungsfrage). Gewiß kann eine geistige Überanstrengung in sehr vielen Fällen zugegeben werden, die aber meist durch häusliche Erziehungsfehler und Unsitten verschlimmert, anstatt daß sie durch eine vernunftgemäße Erholung und Lebensweise beseitigt oder wenigstens gemildert wird. Häufig ist es auch erbliche Belastung, die diesen Zustand der reizbaren Nervenschwäche leichter hervortreten läßt. Namentlich Wildermuth[75]) führt hierauf die Neurasthenie der Schulkinder zurück, die ebenso wie Hysterie, Chorea, Tic convulsif, Dementia praecox und Melancholie meist mit der Überanstrengung in der Schule in keinem kausalen Zusammenhang steht. Dagegen stellt die werdende Geschlechtsreife, worauf Anton[76]) besonders hingewiesen hat, eine folgenschwere Krisis für das Nervensystem des Menschen dar. Hier kann schon eine relative Überbürdung das auslösende Moment für spätere Nervenkrankheiten abgeben. Das Stillestehen der seelischen Entwicklung, der Verlust der nachhaltigen Aufmerksamkeit, der auffallende Wechsel der Stimmungslage, die krankhafte Fragesucht bilden häufig die ersten Symptome dieser Änderung im

Zustand des Seelenlebens des Kindes, die schließlich zu einer vollständigen Charakterumwandlung führen kann.

Der Erwachsene scheint der Ermüdung gegenüber einen größeren Widerstand bieten zu können. Allerdings kommen auch hier in allen Berufsklassen durch geistige Überarbeitung Erschöpfungszustände vor, die unter dem mannigfaltigen Bilde der Neurasthenie und Erschöpfungspsychosen allgemein bekannt sind. Nach v. Krafft-Ebing[77]) haben wir zwei verschiedene Krankheitsbilder wohl zu unterscheiden: Die Nervosität ist eine meist angeborene krankhafte Veranlagung des zentralen Nervensystems, bei der die Reizschwelle abnorm tief liegt und die Hemmungsvorgänge mangelhaft ausgebildet sind. Durch zu frühe und unzweckmäßige Anspannung der Kräfte, durch die Hast und unter dem Drang des Strebertums wird diese Anlage nicht nur nicht an der Entwicklung gehindert oder wenigstens in vernünftige Bahnen gelenkt, sondern die einzelnen Symptome werden hochgradig verschlimmert bis zur Irreparabilität. Die Neurasthenie ist eine krankhafte Steigerung und Fixierung physiologischer Vorgänge der Ermüdung, vielleicht eine trophische Störung der Ganglienzellen. Sie wird meist erworben durch geistige Überanstrengung und äußert sich in der Herabsetzung der Leistungsfähigkeit sämtlicher Körperorgane. Marie de Manacéine[78]) stellt zwei Hauptgruppen von Überarbeiteten auf, die in einem gewissen Gegensatz zu einander stehen, und die sie folgendermaßen charakterisiert: Die einen Menschen sind schlaff und gleichgültig, haben Kopfschmerzen, eine unangenehme Empfindung von Leerheit und Schwere im Kopf, sprechen und schreiben langsamer als sonst und leiden an einer Schlafsucht, die nie zur Erquickung führt. Bei den anderen zeigt sich eine übertriebene Erregbarkeit und Unruhe, die geringste Kleinigkeit regt sie auf. In ihren Schriftstücken finden sich viele Auslassungen und Wiederholungen von Buchstaben, Silben und Wörtern, sie gebrauchen viele Superlative, haben Zwangsgedanken und leiden an Kopfschmerz und Schlaflosigkeit. Während wir diesen Zustand als das Erregungsstadium der geistigen Überarbeitung bezeichnen dürfen, haben wir in der ersten Klasse Menschen des Lähmungsstadiums vor uns. Leider

werden die Symptome dieser krankhaften Erscheinungen in sehr vielen Fällen durch die Lektüre der modernen Literatur nur noch gesteigert, worauf besonders Oppenheim [79]) hingewiesen hat. Die wissenschaftlichen und populärwissenschaftlichen Schriften der Medizin gelangen auch unter das Publikum und bilden häufig den Hauptlesestoff gerade der Neuropathen, die dadurch ihr Krankheitsbild nur verschlimmern. Selbst die schöngeistige Literatur hat die Krankheit und das Krankhafte zu dem Lieblingsgegenstand ihrer Darstellung erkoren. Die Behandlung sexueller Vorgänge und Beziehungen spielt darin eine große Rolle, deren Lesen durch optische Erinnerungsbilder zur psychischen Ausschweifung führt und dadurch auch verderblich auf den Körper einwirkt. In wie hohem Grade die Psyche überhaupt imstande ist, Krankheiten und Krankheitszustände auszulösen, davon gibt Tuke [80]) in seinem Buche über „Geist und Körper" zahlreiche Beispiele. Das ganze große Heer der eingebildeten Krankheiten gehört hierher. Die Beschwerden sind aber nicht nur psychisch, sondern wirklich körperlich vorhanden, die sofort nachlassen oder verschwinden, sobald dem Geist eine andere Richtung gegeben ist. Furcht, Schreck, Angst, aber auch Intelligenz und Willenstätigkeit können krankhafte Zustände auslösen.

Nicht unberücksichtigt zu lassen sind schließlich noch die schädlichen Folgen, die geistige Anstrengung indirekt für die körperliche Entwicklung und das Körperleben nach sich zieht. Zunächst verursacht die übermäßige Anstrengung der Augen unangenehme, ja selbst schädliche Erscheinungen. Mosso [4]) erwähnt in seinem Buche „Die Ermüdung" die Tatsache, daß bei 25% der Wiener Gymnasiasten sehr leicht ein Akkomodationskrampf als Folge der Ermüdung eintritt. Die Leichtigkeit, den Augenmuskel in andauernde Kontraktion zu versetzen, bewirkte allmählich eine Formveränderung des Auges und weiterhin Kurzsichtigkeit. Die Anstrengung, die das Auge beim Betrachten naher Gegenstände machen muß, ist die gewöhnlichste Ursache für die Kurzsichtigkeit in den Schulen. Eine ähnliche Erklärung für die Kurzsichtigkeit gibt Stilling [81]), der weniger die ungünstigen äußeren Verhältnisse als vielmehr die Art der Beschäftigung und die Anlage des

einzelnen dafür anschuldigt. Die Kurzsichtigkeit entsteht unter dem Einfluß der Lese- und Schreibarbeit in der Zeit des Wachstums. Das kurzsichtige Auge erhält dabei einen größeren Längsdurchmesser. Die Formveränderung wird hervorgerufen durch das Wachstum der unter dem Druck der Naharbeit sich kontrahierenden Augenmuskeln. Die Disposition sei aber, und das ist das Wesentliche dabei, im Bau des Gesichtsschädels zu suchen, wie er durch Messungen an 400 Leichen festgestellt hat. Interessant sind einige statistische Zahlen, die Dr. Seggel[7] durch Untersuchung von Kadetten und Soldaten der bayerischen Armee gefunden hat. Danach sind kurzsichtig:

1. unter den Soldaten vom Lande und aus Landschulen 2%,
2. von den städtischen Lohnarbeitern, die meist aus Volksschulen hervorgegangen sind, 4 bis 9%,
3. unter den Handwerkern, Kaufleuten und Angestellten 44%,
4. unter den Einjährig-Freiwilligen 58%,
5. und von denen, die das Gymnasium ganz durchgemacht haben, 63%.

Wir sehen also, wie hier die höhere Bildung und damit die größere geistige Anstrengung auf das Sehvermögen in steigendem Maße schädlich eingewirkt hat.

Auch das Stubensitzen, das leider unweigerlich mit geistiger Arbeit verbunden ist, überhaupt die geringe körperliche Bewegung haben nachteilige Wirkungen für den Körper zur Folge. Der Kopf wird infolge des Blutandranges bei geistiger Anstrengung überhitzt, die extremen Körperteile, namentlich Hände und Füße, erleiden Blutverlust und werden kalt. Nicht allein bereitet das Kaltwerden der Füße ein unangenehmes Gefühl, sondern die andauernde veränderte Blutverteilung lähmt das Vasomotorensystem und erschwert dadurch die Wärmeregulation, wodurch einer Erkältung Tor und Tür geöffnet wird. Der Körper ist nicht mehr imstande, auf Temperaturschwankungen in gehöriger Weise zu reagieren. So sehen wir denn viele Stubenarbeiter bei dem geringsten Luftzug eine Erkältung davontragen. Und leider ist diese oft der

Anlaß zum Ausbruch einer schwereren Krankheit, die den meist an und für sich nicht kräftigen Organismus in große Gefahr bringen kann.

Auch Verdauung und Ernährung haben unter geistiger Anstrengung indirekt zu leiden. Die veränderte Blutzirkulation ruft eine leichte Störung der Funktionen der inneren Organe hervor, wodurch die Resorption und Verbrennung der Nährstoffe verzögert resp. herabgesetzt wird. Die mangelnde Körperbewegung führt zu einer Verlangsamung der Darmperistaltik und damit zu habitueller Obstipation. Diese hat wiederum Kopfschmerzen, Unbehagen und Übelkeit im Gefolge. Mit einem Wort drückt dies Tissot aus, wenn er sagt: L'homme qui pense le plus, digére le plus mal.

Die häufig noch ungenügend ventilierte Stubenluft vermag dem Körper keine Erfrischung und Erholung zu bieten. Der Hautreiz und der Sauerstoffwechsel sind nicht so rege wie in frischer Luft. Das Fehlen jeglicher körperlicher Bewegung läßt die Muskeln erschlaffen und macht sie kraftlos, so daß eine allgemeine körperliche wie psychische Trägheit eintritt.

Schließlich ist häufig noch ein Sinken der Lebensfreude und der Freude an der Natur zu bemerken, das einerseits durch das Stubenhocken und andererseits durch das Grübeln über abstrakte Ideen veranlaßt wird. Das ethische Gefühl wird durch philosophische Begriffe bestimmt und zuweilen in absurde Bahnen gelenkt, anstatt durch rein natürliches Empfinden geleitet zu werden. Der belebende Hauch des Lebens in der Natur wirkt auch erfrischend auf den menschlichen Körper und Geist, die ja doch nur Teile von ihr sind. Eingeschlossen in seine vier Wände wird auch der Mensch vertrocknen wie eine Blume, die in den Keller gestellt wird. Das Bücherstudium allein bringt uns nicht vorwärts, sondern wer wirklich leben will, der muß auch täglich aus dem Quell des Lebens trinken, der muß vertraut sein mit der Natur und dort seine Erholung suchen, wo allein er sie finden kann.

So kann geistige Arbeit ebenso wie die körperliche, in übermäßiger und unzweckmäßiger Weise betrieben, für den Körper schädliche Folgen haben. Aber im allgemeinen ist sie dem Gehirn ebenso zuträglich wie die Bewegung dem ganzen

Körper. Aufgabe der Zukunft wird es sein, die geistige Ausbildung und Fortentwicklung so zu gestalten, daß auch der Körper zu seinem Rechte kommt und Geist und Körper harmonisch weiter entwickelt werden.

Literatur.

1. Ch. Darwin, Der Ausdruck der Gemütsbewegungen bei den Menschen und bei den Tieren. Aus dem Englischen von J. V. Carus. 5. Aufl. 1901.
2. Thanhoffer, Der Einfluß der Gehirntätigkeit auf den Puls. Pflügers Archiv XIX, 1879.
3. A. Mosso, Die Temperatur des Gehirns. Leipzig 1894.
4. — Die Ermüdung. Aus dem Italienischen übersetzt von J. Glinzer. Leipzig 1892.
5. E. Leumann, Die Seelentätigkeit in ihrem Verhältnis zu Blutumlauf und Atmung. Philosophische Studien V.
6. A. Binet et P. Sollier, Recherches sur le pouls cérébral dans ses rapports avec les attitudes du corps, la respiration et les actes psychiques. Arch. de physiol., Oct. 1895. Réf. dans l'année psych. II, 1896.
7. — et J. Courtier, La circulation capillaire de la main dans ses rapports avec la respiration et les actes psychiques. Année psychol. II, 1896.
8. — — Effet du travail intellectuell sur la circulation capillaire. L'année psychol. III, 1897.
9. — — Les changements de forme de pouls capillaire aux différentes heures de la journé. A. ps. III.
10. — — Influence de la vie émotionelle sur le coeur, la respiration et la circulation capillaire. A. ps. III.
11. — et Vaschide, Influence du travail intellectuel, des émotions et du travail physique sur la pression du sang. A. ps. III.
12. A. Lehmann, Die körperlichen Äußerungen psychischer Zustände. I. Teil: Plethysmographische Untersuchungen. Übersetzung von F. Bendixen. Leipzig 1899.
13. Frederik G. Bonser, A Studie of the Relation between Mental Activity and the Circulation of the Blood. Réf. dans l'année psych. X, 1904.
14. E. Gley, Etudes de psychologie physiologique et pathologique. Réf. dans l'année psych. X, 1904.
15. G. Martius, Über die Lehre von der Beeinflussung des Pulses und der Atmung durch psychische Reize. Ref. im Arch. f. ges. Psychol. VIII, 1906.

16. Zoneff und Meumann, Über Begleiterscheinungen psychischer Vorgänge in Atem und Puls. Wundt, Phil. Studien Bd. XVIII, 1903.
17. Mathilde Kelchner, Die Abhängigkeit der Atem- und Pulsveränderung vom Reiz und Gefühl. Arch. f. ges. Psych. II, Leipzig 1905.
18. H. Berger, Zur Lehre von der Blutzirkulation in der Schädelhöhle des Menschen, namentlich unter dem Einfluß von Medikamenten. Jena 1901.
19. — Über die körperlichen Äußerungen psychischer Zustände. I. Teil 1904, II. Teil 1907. Jena.
20. E. Weber, Der Einfluß psychischer Vorgänge auf den Körper. Berlin 1910.
21. W. Frankfurter und A. Hirschfeldt, Das Verhältnis der Arbeitsintensität zu der Größe der Blutverschiebung bei psychischer Arbeit. Arch. f. Physiol. 1910.
22. G. Obigi, Influenza del lavoro intellectuale prolangato et della fatica mentale sulla respirazione. Réf. dans l'année psych. VIII, 1902.
23. S. Landmann, Über die Beziehung der Atmung zur psychischen Tätigkeit. Zeitschr. f. Psychol. und Physiol. VIII, 1895.
24. Speck, Untersuchungen über die Beziehungen der geistigen Tätigkeit zum Stoffwechsel. Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakologie XV, 1882.
25. Mainzer, Stoffwechselstudien über den Einfluß geistiger Tätigkeit und protrahierten Wachens. Monatsschr. f. Psychiatrie u. Neurologie XIV, 1903.
26. S. Baglioni, Über das Sauerstoffbedürfnis des Zentralnervensystems bei Seetieren. Zeitschr. f. allg. Physiologie, v. M. Verworn, V, 1905.
27. Pidaucet, Le travail intellectuel dans ses relations avec la thermogenèse. Thèse de la faculté de Médecine de Nancy 1899. Réf. dans l'année psych. VII, 1901.
28. H. Berger, Untersuchungen über die Temperatur des Gehirns. Jena 1910.
29. W. Preyer, Die Seele des Kindes, Beobachtungen über die geistige Entwicklung des Menschen in den ersten Lebensjahren. Leipzig 1890.
30. M. Verworn: Die Mechanik des Geisteslebens. Leipzig 1907.
31. E. v. Cyon, Das Ohrlabyrinth als Organ der mathematischen Sinne für Raum und Zeit. Berlin 1908.
32. — Leib, Seele und Geist. Versuch einer physiol. Differenzierung psychischer Funktionen. Pflügers Archiv Bd. 127, 1909.

33. A. Binet, Etude sur la sensation et l'image. L'année ps. 1905.
34. J. v. Kries, Über die Natur gewisser Gehirnzustände. Zeitschrift f. Physiol. und Psychol. VIII, 1895.
35. Th. Lipps, Psychische Vorgänge und psychische Kausalität. Zeitschr. f. Psych. u. Phys. XXV, Leipzig 1901.
36. A. Höfler, Psychische Arbeit. Zeitschr. f. Psych. u. Phys. VIII, 1895.
37. A. Oehrn, Experimentelle Studien zur Individualpsychologie. Psychologische Arbeiten I, herausg. v. E. Kraepelin. Leipzig 1890.
38. W. Weichardt, Über Ermüdungsstoffe. Stuttgart 1910.
39. E. Kraepelin, Über die Beeinflussung einfacher psychischer Vorgänge durch einige Arzneimittel. Jena 1892.
40. R. Rivers und E. Kraepelin, Über Ermüdung und Erholung. Psych. Arb. I. Leipzig 1896.
41. Burgerstein, Arbeitskurve einer Schulstunde. Zeitschr. f. Gesundheitspflege, 1891.
42. Laser, Über geistige Ermüdung beim Schulunterricht. Zeitschrift f. Schulgesundheitspflege VII, 1894.
43. Kraepelin, Über geistige Arbeit. Jena 1897.
44. Richter, Unterricht und geistige Ermüdung. Eine schulmännische Würdigung der Schrift E. Kraepelins: Über geistige Arbeit. Halle 1895.
45. Kraepelin, Zur Überbürdungsfrage. Jena 1897.
46. W. Specht, Klinische Ermüdungsmessungen. I. Teil: Die Messung der geistigen Ermüdung. Arch. f. ges. Psych. III, 1904.
47. L. Höpfner, Über die geistige Ermüdung von Schulkindern. Zeitsch. f. Psych. u. Phys. VI, 1894.
48. Friedrich, Untersuchungen über die Einflüsse der Arbeitsdauer und der Arbeitspausen auf die geistige Leistungsfähigkeit der Schulkinder. Zeitschr. f. Psych. u. Phys. XIII, 1897.
49. E. Amberg, Über den Einfluß von Arbeitspausen auf die geistige Leistungsfähigkeit. Psychol. Arb. I. 1895.
50. Ebbinghaus, Über das Gedächtnis. Leipzig 1885.
51. C. Ritter, Ermüdungsmessungen. Zeitschr. f. Psych. und Phys. XXIV, 1900.
52. Ebbinghaus, Über eine neue Methode zur Prüfung geistiger Fähigkeiten. Zeitschr. f. Psych. u. Phys. XIII, 1897.
53. Th. Elsenhaus, Nachtrag zu Ebbinghaus: „Kombinationsmethode". Ebenda.
54. E. Wiermsa, Die Ebbinghaussche Kombinationsmethode. Ref. Ebenda XXX, 1902.

55. Griesbach, Energetik und Hygiene des Nervensystems in der Schule, schulhygienische Untersuchungen. 1895.
56. W. Weygandt, Über den Einfluß des Arbeitswechsels auf fortlaufende geistige Arbeit. Psychol. Arb. II, 1899.
57. E. Römer, Über einige Beziehungen zwischen Schlaf und geistigen Tätigkeiten. III. Internation. Kongreß f. Psychol.
58. Vannod, La fatigue intellectuelle et son influence sur la sensibilité cutanée. Diss. Genf 1896.
59. L. Wagner, Unterricht und Ermüdung. Ermüdungsmessungen an Schülern des neuen Gymnasiums in Darmstadt. Ref. in Zeitschr. f. Psych. u. Phys. XVII.
60. J. H. Leuba, On the Validity of the Griesbach Method of Determining Fatigue. Ref. Ebenda XXIII.
61. L. Bolton, Ermüdung, Raumsinn der Haut und Muskelleistung. Psychol. Arb. IV. Leipzig 1904.
62. A. Binet, Sur la fatigue intellectuelle scolaire. L'année psychologique 1905.
63. A. Mosso, Über die Gesetze der Ermüdung. Untersuchungen an Muskeln des Menschen. Arch. f. Physiol. 1890.
64. Oseretzkowsky und Kraepelin, Über die Beeinflussung der Muskelleistung durch verschiedene Arbeitsbedingungen. Psychol. Arb. III, 1901.
65. A. Bum, Über periphere und zentrale Ermüdung. Vortrag. Wien und Leipzig 1896.
66. J. Joteiko, Participation des centres nerveux dans les phénomènes de la fatigue musculaire. L'année ps. VII, 1901.
67. J. Clavière, Le travail intellectuel dans ses rapports avec la force musculaire, mesurée au dynamomètre. Ebenda.
68. Hoch und Kraepelin, Über die Wirkung der Teebestandteile auf körperliche und geistige Arbeiten. Psych. Arb. I, 1895.
69. Ch. Féré, Etude expérimentale de l'influence des excitations agréables et des excitations désagreables sur le travail. L'année psych. VII, 1901.
70. Bettmann, Über die Beeinflussung einfacher psychischer Vorgänge durch körperliche und geistige Arbeit. Psych. Arb. I.
71. Breukink, Über Ermüdungskurven bei Gesunden und bei einigen Neurosen und Psychosen. Journ. f. Psychol. und Neurologie 4.
72. J. M. Moore, Studies of Fatigue. Ref. in Zeitschr. für Psych. u. Phys. XIV, 1898.
73. M. Offner, Die geistige Ermüdung. Berlin 1910.
74. A. Binet et V. Henri, La fatigue intellectuelle. Paris 1898.

75. Wildermuth, Schule und Nervenkrankheiten. Vortrag. Zeitschr. f. die Behandlung Schwachsinniger XXI, 1905.
76. G. Anton, Über geistige Ermüdung der Kinder im gesunden und kranken Zustande. Halle 1900.
77. v. Krafft-Ebing, Nervosität und neurasthenische Zustände. Wien 1895.
78. Maria de Manacéine, Die geistige Überbürdung in der modernen Kultur. Leipzig 1905.
79. H. Oppenheim, Nervenkrankheit und Lektüre. Nervenleiden und Erziehung. Nervosität des Kindesalters. Drei Vorträge. Berlin 1907.
80. D. Hack Tuke, Geist und Körper. Studien über die Wirkung der Einbildungskraft. Übers. von H. Kornfeld. Jena 1888.
81. J. Stilling, Die Kurzsichtigkeit, ihre Entstehung und Bedeutung. Ref. in Arch. f. d. ges. Psychol. III, 1904.

Zum Schluß erfülle ich die angenehme Pflicht, Herrn Geheimrat Professor Dr. Anton, meinem hochverehrten Lehrer, für die Anregung und die überaus freundliche Unterstützung bei der Abfassung dieser Arbeit meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Lebenslauf.

Ich, Otto Julius Walther Bethge, evangelischer Konfession, wurde geboren am 6. Mai 1886 zu Halle a. S. als der älteste Sohn des Kaufmanns Julius Bethge und seiner Ehefrau Ida, geb. Palm. Ich besuchte die Vorschule des Stadtgymnasiums zu Halle a. S., die Gymnasien zu Bernburg, Plauen i. V. und Halle a. S. und erwarb auf letzterem am 10. März 1905 das Zeugnis der Reife. Dann wandte ich mich dem Studium der Medizin zu und studierte auf den Universitäten zu Freiburg i. Br., Halle a. S., München, Straßburg i. E. und dann wieder Halle a. S. Hier bestand ich am 1. August 1907 die ärztliche Vorprüfung und am 12. Mai 1910 die ärztliche Prüfung. In Straßburg genügte ich gleichzeitig meiner Dienstpflicht als Einjährig-Freiwilliger im Königl. Preuß. Fußartillerieregiment Nr. 10. Im Juni 1910 war ich als Medizinalpraktikant an der Kgl. Universitäts-Nerven- und psychiatrischen Klinik in Halle a. S., vom 1. Juli bis 14. Dez. 1910 an der innern Abteilung des ev. Diakonissenkrankenhauses in Karlsruhe und vom 15. Dez. bis 31. Mai 1911 an der Deutschen Heilstätte in Davos beschäftigt. Das Colloquium bestand ich am 13. Dez. 1910 in Halle a. S.

Meine Lehrer waren:

in Freiburg: Gaupp, Himstedt, Keibel, Kiliani, Weismann;
in München: Amann, von Angerer, von Bollinger, Döderlein, Herzog, Klein, Kräpelin, May, von Müller, Pfaundler, Posselt, Schmitt, von Tappeiner;
in Straßburg: Ledderhose, Rosenfeld, Schumburg;
in Halle: Anton, Bernstein, von Bramann, Conrad, Doebner, Dorn, Eberth, Eisler, Finker, Fränkel, Frese, Freund, Gebhardt, Goldschmidt, Harnack, Haupt, von Hippel, Hoffmann, Klebs, Körner, Menzer, Mohr, Roux, Schmidt, Schmidt-Rimpler, Schulze, Schwartze, Stieda, Stoeltzner, Vaihinger, Veit, Vorländer, Wüst.